

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI INTÉZET

Dr. Pánczél Zoltán Dr. Nagy Zoltán

RAKODÁSTECHNIKA

I.

KÉZIRAT

NEMZEDÉKEK TUDÁSA TANKÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

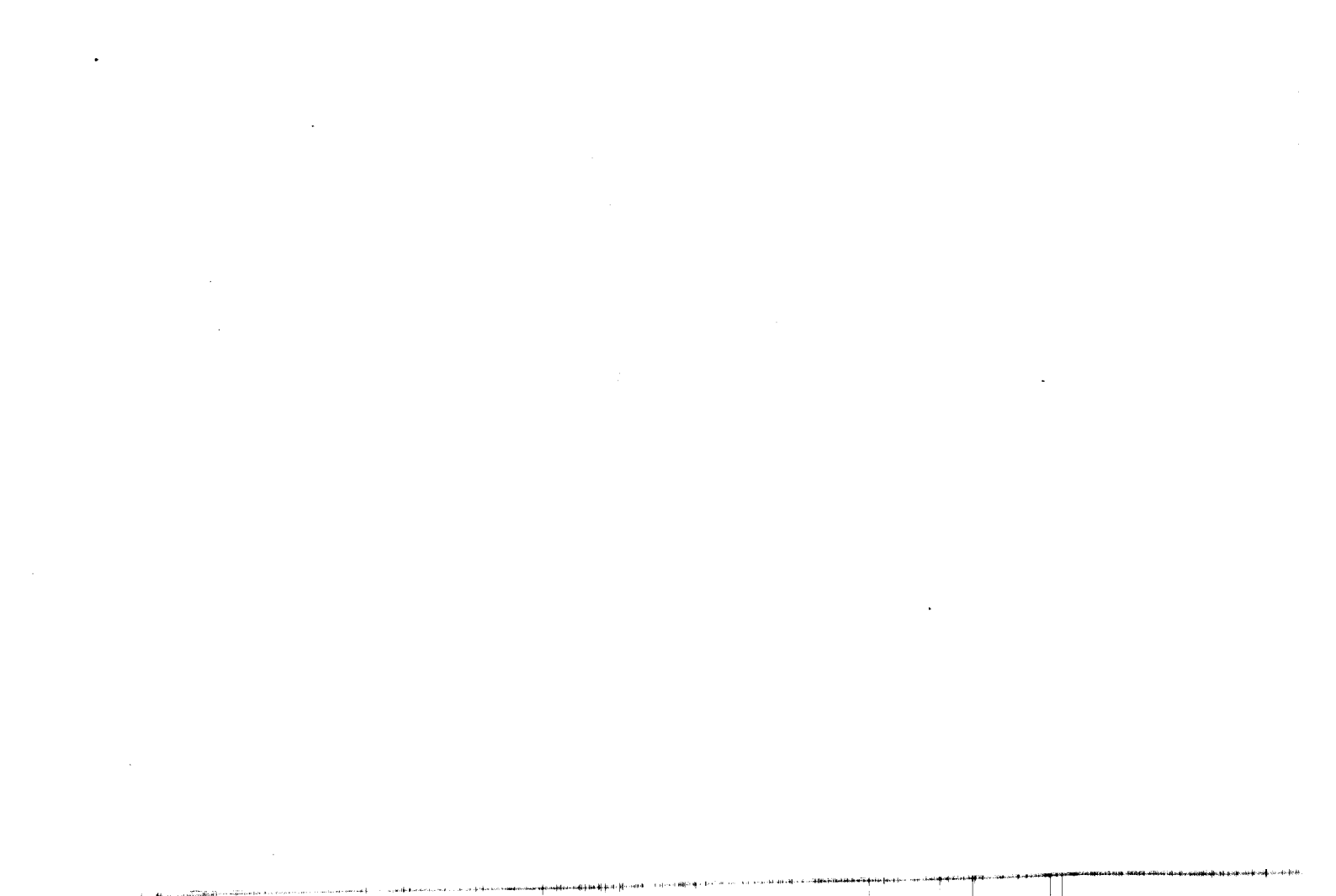
Lektorálta:
Delkin Miklós
okl. közl. mérnök

TARTALOMJEGYZÉK

I. AZ ANYAGMOZGATÁSSAL KAPCSOLATOS ALAPFOGALMAK ÉS ALAPVETŐ ÖSSZEFÜGGÉSEK	7
1. Az anyagmozgatás fogalma	7
2. Az anyagmozgatás műszaki és gazdasági jelentősége	8
3. Az anyagmozgatás rendszerszemléletű értelmezése	11
4. A szállítási lánc anyagmozgatási vonatkozásai	
5. Az anyagmozgatási feladat fogalma és összetevői	19
6. Anyagmozgatási teljesítmény	22
II. A MOZGATANDÓ ANYAGOK JELLEMZÉSE	24
1. A mozgatandó anyagok csoportosítása	24
2. Az ömlesztett anyagok általános jellemzése ..	25
2.1 Az ömlesztett anyagok általános jellemzése	25
2.2 Az ömlesztett anyagok jellemzői és vizsgálatauk	26
a) Szemcsenagyság és szemcseösszetétel ..	26
b) Nedvességtartalom	29
c) Térfogattömeg és sűrűség	30
d) Koptatóhatás (abrazivitás)	32
e) Összefagyási hajlam	33
f) Ragadási és összetapadási hajlam	33
g) Belső súrlódás és kohézió	33
3. Darabáruk	38
4. Az anyagok jelölési rendszere	39
5. Veszélyes anyagok	43
III. A MOZGATANDÓ ANYAGOKAT ÉRŐ IGÉNYBEVÉTELEK	46
1. Az árukat érő igénybevételekről általában ...	46
2. Az üzemen belüli anyagmozgatás, a rakodás és raktározás igénybevételei	54
3. Vasúti szállítás során fellépő igénybevételek ..	63
4. Közúti szállítás során fellépő igénybevételek ..	72

4.1	A gyorsítások hatása a közúti jármű rakfelületén elhelyezett árukra	75
4.2	Az előre dőlő rakfelület vizsgálata	76
4.3	Gyorsítás és a tolatás vizsgálata	81
4.4	Haladás ívben	81
4.5	Összetett igénybevételek	83
5.	A rakfelület mozgásviszonyainak mechanikai modellje	86
5.1	Alaplengések	86
5.1.1	Rázás	88
5.1.2	Bólintás	90
5.1.3	Támolygás	93
5.2	Kinematikai viszonyok	97
5.3	Mérés módszere	105
5.4	Mérési esetek, eredmények	109
IV.	CSOMAGOLÁSTECHNIKAI ALAPISMERETEK	112
1.	Általános ismeretek	112
1.1	A csomagolás fogalma és feladata	112
1.2	A csomagolás alapformái	115
1.3	A csomagolás gazdasági vonatkozásai	116
2.	Csomagolóanyagok és eszközök	118
2.1	Alapfogalmak	118
2.2	Papír alapú csomagolószerek	119
2.3	Fa alapú csomagolószerek	136
2.3.1	A csomagolóiparban használatos faanyagok	136
2.3.2	A fa fizikai és mechanikai jellemzői	137
2.3.3	A faanyagok hibái	141
2.3.4	A faelemek egyesítése	142
2.3.5	Fa csomagolóeszközök	143
2.3.6	Teherládák méretezése	153
2.3.7	Csomagolási segédanyagok fából	163
2.4	Fém csomagolószerek	163
2.5	Üveg csomagolószerek	170
2.6	Textil csomagolószerek	173
2.7	Műanyag csomagolószerek	175
2.8	Kombinált csomagolószerek	188
V.	A CSOMAGOLÁS TERVEZÉSE	192
1.	Csomagolástechnológia	193
2.	Rakodólapos szállítmány rögzítése pántolással	195
2.1	Acél pántszalagok	195

2.2	Műanyag pántszalagok	197
2.3	Az acél és a műanyag pántszalag összehasonlítása	200
2.4	Mechanikai modellezés	202
	2.4.1 Modellezés pántolás nélkül	202
	2.4.2 Modellezés pántolással	207
2.5	Alkalmazási példa numerikus megoldása ...	217
3.	Egység- és rakományok rögzítése zsugorfóliával és nyújtható fóliával	221
3.1	Zsugorfóliás rögzítés	221
3.2	Egység- és rakomány rögzítése nyújtható fóliával	224
3.3	A zsugor- és nyújthatófóliás rögzítés összehasonlítása	225
3.4	Alkalmazási példa megoldása zsugorfóliás egység- és rakomány-rögzítés esetén	226
3.5	Alkalmazási példa nyújtható fóliás egység- és rakomány-rögzítés esetén	228
4.	A párnázás célja	229
5.	A korrózió elleni védelem	233



I. Az anyagmozgatással kapcsolatos alapfogalmak és alapvető összefüggések

1. Az anyagmozgatás fogalma

Az anyagmozgatás feladata a különféle alap- és segédanyagok, félkész és késztermékek termelési célok vagy az elosztás-felhasználás érdekében üzemi keretek között végzett helyváltoztatása, vagyis lényegében a technológia, illetve az alapvető üzemi tevékenység szükségszerű kiegészítése. A feladatkörbe nem csupán a tulajdonképpeni horizontális vagy vertikális (ill. a kettő kombinációjából álló) helyváltoztatás tartozik, hanem az ehhez kapcsolódó rakodásoknak (fel- és lerakás, ill. be- és kirakás, átrakás) a végzése is. Az anyagmozgatás feladatkörébe tartoznak, a különböző termelési és fogyasztási ütemekben, valamint a szállításokhoz szükséges időráfordításokban megnyilvánuló, időbeli különbségeket kiegyenlítő tárolás bevezetésekként és befejezésekként (és esetleg közben is) felmerülő rakodások is.

Az anyagmozgatás feladatköre a népgazdaság teljes szférájára, tehát a termelőlőállítás mellett a kereskedelmi, a raktározási és a közlekedési jellegű tevékenységre is kiterjed.

Az anyagmozgatás fogalmának hagyományos értelmezése szerint, az anyagmozgatás a társadalmi újratermelési folyamata minden fázisában előforduló, az anyagok, félkész és késztermékek, ill. áruk nem nagy távolságú helyváltoztatását (és rakodását) célzó olyan tevékenység, amely nem jár együtt alak- vagy állapotváltozással és amely kézi munkával vagy sajátos eszközökkel, gépekkel, berendezésekkel, adott - elsősorban területi - korlátokon belül megy végbe. A hagyományos értelmezés jellemzője az a felfogás, amely az üzemi belső anyagmozgatást a segédüzemi tevékenységek egyikének, ill. különálló segédfolyamatnak tekinti.

Az anyagmozgatás fogalmának korszerű értelmezése a rendszerelméleti szemléletmódon alapul. Ez a szemléletmód elemekből és alrendszerekből, optimumra törekedve építi fel az egyébként egymással szoros kapcsolatban álló folyamat- és berendezésrendszereket. A rendszereknek, alrendszereknek és elemeknek jól definiált funkciója vagy célja van.

A termelési-üzemi folyamatrendszerek technológiai, anyagmozgatási, ellenőrzési, tárolási, csomagolási részfolyamatokból állíthatók össze. Az egyes részfolyamatok - önmagukban - folyamatrendszerként is kezelhetők.

A rendszrelméleti szemléletmód szerinti értelmezés tehát az anyagmozgatást a termelési-üzemi folyamatrendszerek alrendszereként kezeli, ill. az anyagmozgatás rendszerteremtő szerepét hangsúlyozza.

A meghatározott üzemi területen belül lebonyolódó műveleteket összekapcsoló belső anyagmozgatás a funkcióját - és sok esetben az eszközeit is - tekintve elkülönül a külső szállítástól, amely az üzem külső kapcsolatait hozza létre az alaptevékenységhez szükséges anyagoknak stb. az üzem területére juttatása, ill. a félkész és késztermékek, továbbá a hulladékok elszállítása révén.

A belső anyagmozgatás az érkező áruk átvételével kezdődik s a félkész-, ill. a készáruraktárban fejeződik be, az áruknak a kiszállító járművekre felrakását megelőző átadás-sal.

A belső anyagmozgatás és a külső szállítás együttes szakmai kezelésére nézve napjainkban tapasztalható törekvés, - ami az ún. szállítási láncok szervezésében nyilvánul meg, - a mindkét oldali harmonikus fejlődés fontos tényezője. A termelési, ill. az ahhoz csatlakozó tárolási, továbbá a felhasználói rendszerek a saját belső anyagmozgatási részrendszereiket csak a közlekedési-szállítási üzemek folyamatrendszereivel összhangban alakíthatják ki.

Az üzemi belső anyagmozgatás megjelenési formái a következők: 1. üzembrészek, ill. üzemek közötti anyagmozgatás, 2. a termelési egységeken, ill. épületeken belüli anyagmozgatás, 3. munkahelyi anyagmozgatás.

Az üzembrészek közötti anyagmozgatás jellemzőit főként az üzemi épületek egymáshoz viszonyított helyzete, ill. az üzemi terület kiterjedése és adottságaik befolyásolják, de az ilyen anyagmozgatás mindenképpen az üzem anyagmozgatási kapcsolatainak a váza.

A termelési egységeken belüli anyagmozgatás jellemzőit is befolyásolja a térbeli elrendezés és az építészeti jellegű adottságok, azonban itt - főként a termelőberendezésekhez kapcsolódás révén - fokozottabban szerephez jut a gyártási technikával való kapcsolat.

A munkahelyi anyagmozgatás kapcsolata a termelőberendezésekkel és az emberi munkaerővel még szorosabb, ami a kölcsönös alkalmazkodás igényét támasztja.

2. Az anyagmozgatás műszaki és gazdasági jelentősége

Az anyagmozgatás jelentőségének felismerése tulajdonképpen a legutolsó 15-20 év eredménye. Természetesen már ezt jóval megelőzően is voltak olyan iparágak, amelyek nagyon komolyan foglalkoztak anyagmozgatási problémák megoldásával, de az utolsó két évtized hozott csak forradalmi

változást ezen a téren, a fejlett iparral rendelkező országokban egészen új üzemi szemlélet kialakulását eredményezve.

Napjainkban már nemcsak az anyagmozgatási szempontok különösen érintett olyan iparágak üzemei, mint az autóipar vagy a vegyipar törekszenek az anyagmozgatás fejlesztésére, hanem a legkülönbözőbb rendeltetésű és nagyságrendű üzemek is.

Az anyagmozgatás racionalizálásának indokai közül mindenekelőtt az általános technikai fejlődést kell kiemelni. A gyártástechnika általános fejlődése láncreakcióként kiváltotta a gyártási módszerek, gyártásszervezés és az anyagmozgatás, valamint a költségalakulás közötti összefüggések vizsgálatát. Ez azonban tudatossá, rendszerezettebbé és főleg általánossá Európa-szerte csak gazdasági és műszaki kényszerítő körülmények hatására vált.

A felismert racionalizálódási lehetőség realizálása azonban rendszerint nehézségekbe ütközik, a megvalósításhoz szükséges előkészítés, és végrehajtási idő hiánya, vagy egyszerűen az üzemen dolgozók ellenállása miatt. A megszkotthoz ragaszkodás "pszichológiai béklyóinak" megszüntetése nem csupán az üzemek végrehajtó szerveinél, hanem a vezetőinél is problémákat okozhat. Utóbbiaknál csak a rendszerint nagy munkaráfordítással elkészíthető kellő gazdasági alátámasztás vezethet eredményre.

Az üzemen belüli anyagmozgatás magas költséghányadának, továbbá annak felismerése, hogy egyedül az anyagmozgatással és raktározással kapcsolatos költségek csökkentése jelenti nagyon sok esetben a még kiaknázható tartalékokat, ráébredtetette az érdekelt üzemi vezetőköt arra, hogy az anyagmozgatás korszerűsítésének milyen jelentősége lehet az egyébként egyforma költségalakulású üzemekben.

Elttekintve a kitermelő és a viszonylag alacsony termelési költségű iparágaktól (pl. élelmiszeripar) és a nagykereskedelemtől, a legtöbb üzemben az anyagmozgatás rendkívül erősen összefonódott az összes többi tevékenységgel. Egy egyszerű termék előállítása is rendszerint többszöri anyagmozgatást idéz elő és az anyagmozgatási műveletek száma a termék bonyolultságával együtt nő (pl. egy gépkocsi sebességváltójának összeszerelése összesen kb. 20...30 anyagmozgatási műveletet igényel).

Az anyagmozgatás költséghányadának értékére nézve egyébként nagyon nehéz pontos választ adni, mert a kapcsolatos költségek nemcsak országonként, de iparáganként, sőt üzemenként is különböznek, egy sor ezirányú vizsgálat eredményeként azonban képet alkothatunk erről.

Különböző országokból származó adatok szerint az anyagmozgatási költségek a termelési költségek 15...85%-át (átlagosan 25%-át) teszik ki. A magasabb hányad az ömlesztett tömegárúk kitermelését és feldolgozását végző üzemekre vonatkozik.

Az anyagmozgatás korszerűsítését sürgető gazdasági tényezők közül nem hagyható ki a munkaerőhiány motívuma sem, amely az egyes országok munkaerő helyzetétől függően előbb vagy utóbb önmagában is felveti az e problémával foglalkozás szükségességét, annál is inkább, mert az anyagmozgatással együttjáró nehéz fizikai munkától való vonakodás már a tényleges munkaerőhiány jelentkezése előtt is érezteti hatását.

Ugyanide számíthatók a kézi anyagmozgatás balesetveszélyességével és a megerőltető voltából fakadó káros egészségügyi hatásokkal kapcsolatos gazdasági következmények is.

Az anyagmozgatás fejlesztésének vannak az általános műszaki fejlődés mellett egyéb műszaki indokai is, amelyek az egyes területek sajátos műszaki fejlődéséből következnek. Az új gyártási eljárások kialakítása nélkülözhetetlenné teszi az anyagmozgatás és az egyéb kiszolgáló tevékenységek alkalmazkodását.

Számos példát lehet említeni arra, hogy egyes technológiai műveleteket (pl. festés, szárítás, hűtés, mosás, keverés, mérlegelés, számlálás stb.) célszerű összekapcsolni az anyagmozgatással. A raktározás területén az ún. mozgó tárolás bevezetése és gyors terjedése lényegében a tárolás műveletét kapcsolja össze az anyagmozgatással.

Sok esetben az anyagmozgatást végző gép nemcsak kiszolgáló jellegű tevékenységet végez, hanem egyúttal vezérlő szerve is technológiai jellegű műveleteket végző elemeknek. Vagyis egyre inkább tapasztalhatjuk az anyagmozgatásnak és a termelésnek a hagyományosnál sokkal szorosabb kapcsolatát, műveleteinek átfedését, egymásba nyúlását.

Itt említhető meg a termelési volumenek növekedéséből fakadóan állandóan növekvő tárolótér-igény problémája is. Ez ugyanis általában szükségessé teszi a tárolási magasság növelését, ami elképzelhetetlen erre alkalmas anyagmozgató gépek kialakítása és alkalmazása nélkül.

A csomagolószalaggal szemben támasztott igények növekedése, a korszerű csomagológépek bevezetése is általában jelentős követelményeket támaszt az anyagmozgatással szemben.

Ugyanígy az egységgravitációkban történő áruszállítás fejlődése, az egységgravitációs szállítási láncok képzése is egyre inkább kényszerítően hat a gazdasági élet legkülönbözőbb területein az anyagmozgatás műszaki színvonalának emelése irányában.

A fejlődés hazánkban tehát ezen a területen is megindult. A fejlődést közvetlenül kiváltó ok először az átmenetileg tapasztalható munkaerőhiány volt, amihez nem sokkal később az iparpolitika és a műszaki fejlesztés új irányzatainak logikus követelményei járultak.

Az 1968-ban bevezetett új gazdaságirányítási rendszer hazai anyagmozgatási fejlesztés részére fokozott lehetőségeket nyújt.

Az ezirányú fejlesztésre nyújtott lehetőségek nyilván csakis akkor ösztönöznek, ha ez az érintett vállalatok részére kimutatható gazdasági előnyöket nyújt.

Bár az anyagmozgatási fejlesztés hatékonysága kimutatásának a munkabér mellett egyéb tényezői is vannak, ezek a legtöbb esetben vagy egyáltalán nem, vagy csak nehezen számszerűsíthetők, egyrészt számviteli okokból, illetve az anyagmozgatási munka egyes részeinek "rejtett" volta, másrészt a kedvező hatások közvetett megjelenése miatt. Egyes tényezők nem a beruházó vállalatnál, hanem másutt éreztetik hatásukat, vagyis a vállalati szintű gazdaságossági számításnál nem vehetők figyelembe. Mindez arra utal, hogy az anyagmozgatási fejlesztés olyan terület, amelyet sem vállalatilag, sem népgazdaságilag nem lehet teljesen a szabályozott piac automatizmusára bízni.

3. Az anyagmozgatás rendszerszemléletű értelmezése

Rendszer alatt bizonyos számú elem összessége, és az ezek között az elemek között fennálló kapcsolatok összessége értendő. A "rendszer" és az "elem" fogalmak - relatív fogalmak.

Az anyagmozgatási rendszerek elemei egymásra hatást fejtenek ki. Az anyagmozgatási rendszerek így dinamikus rendszerek, elemeik aktív elemek.

Valamely elem (E) és a környezete (K) - vagyis a további elemek és a rendszer környezete - között meghatározott kapcsolatok állnak fenn. A környezet (K) hat E-re (input) és E-nek bizonyos állapotát idézi elő. Miközben E bizonyos állapotot felvesz, hat a maga részéről is K-ra (output).

A rendszer minden elemének kell legalább egy "kimenetének" lennie. Az output-ok mindig input-ok következményei, noha bizonyos outputok sokszor csak hosszabb reakcióidő eltelte után váltódnak ki az inputok hatására.

A bemeneti határelemek azok az elemek, amelyek a rendszert - a környezet felől - érő hatásokra reagálnak, a kimeneti határelemek azok az elemek, amelyek hatást fejtenek ki a környezetükre.

A különféle anyagok - termelési vagy egyéb igények kielégítésére végzett mozgatása során - gyakran sok egyedi gépből és berendezésből álló jelentékeny komplexumokat foglalkoztatnak. E gépek és berendezések viselkedését a közöttük fennálló számos kölcsönös kapcsolat jellemzi, és azt kielégítő pontossággal csak akkor lehet meghatározni, ha ezeket a komplexumokat dinamikus rendszerekként tekintjük. E rendszerek az anyagmozgatási rendszerek, nagyon sokfélék lehetnek.

Az anyagmozgatási rendszerek matematikai módszerekkel történő vizsgálatához általános érvényű fogalom meghatározásokra és absztraháló gondolkodásmódra van szükség. Ezek segítségével a rendszerek tekintélyes csoportját azonos módszerekkel lehet kezelni.

Az anyagmozgatási rendszerek elemei: a) szállítóelemek, b) feladóelemek és c) leadóelemek.

Az anyagmozgatási rendszer E_2 eleme szállítóelemnek minősíthető, amennyiben a rendszer másik két (E_1, E_3) elemére fennáll, hogy $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3$. A "szállítóelem" kifejezés lényegében fedi az anyagmozgatás fogalmát. Azonban nem csupán valamely anyagmozgató gép tekintendő szállítóelemnek, hanem bizonyos esetekben a feladó-, ill. a ledobószerkezetük is. A nem (kizárólag) helyváltoztatási rendeltetésű gépek (pl. osztályozóberendezések) is sok esetben szállítóelemként foghatók fel.

Az anyagmozgatási rendszer pl. E_2 elem, amelyre nézve fennáll, hogy $E_1 \rightarrow E_2$. A feladóelemek hozzák létre a kapcsolatot a környezet, a továbbítandó anyag mennyisége és a rendszer között (az anyagmozgatási rendszerek "forrásai"). Az ún. felszedőgépek, vagyis a futóművel és anyagmegfogó szerkezettel is ellátott szállítóelemek ugyancsak a feladóelemek csoportjába sorolhatók. Adott esetben egész anyagmozgatási rendszerek egy másik anyagmozgatási rendszer szempontjából feladóelemek lehetnek.

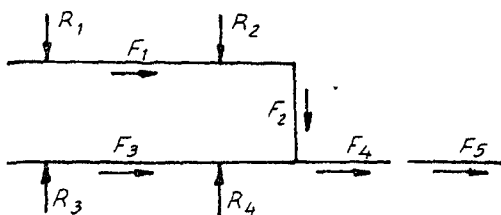
Az anyagmozgatási rendszereknek azt a pl. E_3 elemét, amelyre nézve már nem találhatunk a rendszerben egy olyan E_3 elemet, amelyre nézve fennáll az $E_3 \rightarrow E_3$ feltétel, leadóelemnek nevezzük (az anyagmozgatási rendszer "nyelője").

Az anyagmozgatási rendszerekben gyakran található olyan elemek, amelyek egyaránt feladó- és szállítóelemek; más anyagmozgatási rendszerekből a tulajdonképpeni szállítóelemek hiányozhatnak is (pl. veder, kerekos kotró az általa kitermelt anyagot - ledobógém révén - maga szórja le, a kanalas rakodógépet anyagfelszedésre és az anyag továbbítására egyaránt használják stb.).

Az anyagmozgatási rendszerek az anyagok továbbításának jellege szerint csoportosíthatók. Megkülönböztethetők:

1. folyamatos, 2. szakaszos és 3. kombinált anyagmozgatási rendszerek.

A folyamatos anyagmozgatási rendszerek esetében a feladó- és a leadóelemek között megszakítás nélküli (ömlesztett anyag mozgatásakor összefüggő) anyagfolyam jön létre, (pl. szállítószalag-rendszerek, függőkonvektor-rendszerek). A feladóelemek működési módjának nincs jelentősége (szakaszos vagy folyamatos működésű anyagmozgató gépek egyaránt lehetnek, a döntő a feladott anyag folyamatos továbbítása (1. ábra).

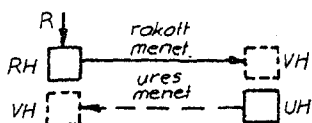


F_1, F_5 szállítószalagok
 R_1, R_4 anyagfeladást végző gépek

1. ábra
 Folyamatos anyagmozgatási rendszer
 sturkúrája

A folyamatos anyagmozgatási rendszerek szállítóelemei különböző módokon kapcsolhatók össze egymással, az elemek sorba is kapcsolhatók, de elágazások is beiktathatók.

A szakaszos anyagmozgatási rendszerek bizonyos anyagmennyiségeket, különböző méretű szállítóedényekbe összefogottan továbbítanak, a helyváltoztatás ciklikus (pl. tehergépkocsi üzem, vasúti üzem). A feladóelemek működési módjának itt nincs számottevő jelentősége (a szállítójárműveket szakaszos vagy folyamatos működésű anyagmozgató gépek egyaránt megrakhatják), a teljesítményingadozásokra azonban természetesen tekintettel kell lenni.

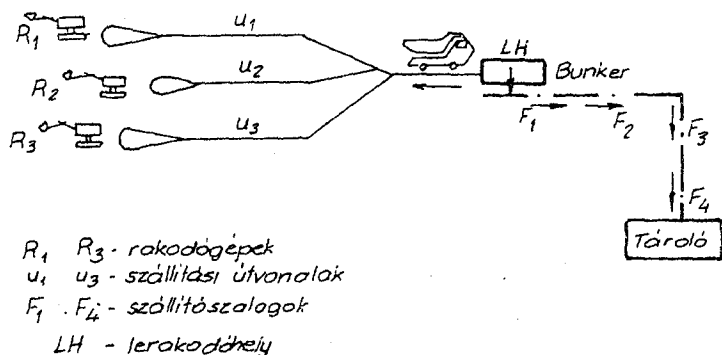


RH - rakodóhely
 VH - várakozóhely
 UH - ürítőhely
 R - rakodógép

2. ábra
 Szakaszos anyagmozgatási
 rendszer struktúrája

A szakaszos anyagmozgatási rendszerek (2. ábra) különböző struktúrájúak lehetnek a szállítójárművek számától, az összekötő útvonalak kialakításától, a feladóelemek számától és elrendezésétől függően.

A kombinált anyagmozgatási rendszerek különböző jelle-
gű anyagmozgatási részrendszerekből állnak. A csatlakozta-
tási helyeken többnyire felmerül anyagmennyiségek tárolásá-
nak igénye. A tárolók: 1. megkönnyítik az anyagok átrakását,
2. lehetővé teszik a rendszer teljesítményének növelését,
a továbbított anyag átmeneti tárolása révén, 3. módot nyúj-
tanak - szükség esetén - az anyag minőségének megváltozta-
tására. A kombinált anyagmozgatási rendszereket (pl. szala-
gos szállítás vasúti szállítójárművekbe való átrakással,
tehergépkocsis szállítás szállítószalagra való átrakással
stb.) a legtöbb esetben egyszerűbb anyagmozgatási rendsze-
rekre lehet visszavezetni (3. ábra).



3. ábra
Kombinált anyagmozgatási rendszer struktúrája

Az anyagmozgatási rendszerek mint zárt rendszerek is vizsgálhatók. Az anyagmozgatási rendszerek vizsgálatakor, - az elemeiknek az anyagáramlásból adódó ("→" jelzésű) kapcsolatain kívül - főképpen az egyes elemeknek a normális állapottól való eltérései és ezeknek a rendszer egészére kifejtett hatásai érdemelnek figyelmet.

Ezek az eltérések különböző természetűek lehetnek (pl. teljesítményingadozások, menetidő-ingadozások, zavarok stb.). Az ilyen eltéréseket az anyagmozgatási rendszerek ama elemeihez célszerű hozzárendelni, amelynél fellépnek, vagy amelyek okozzák őket.

Az egyes elemekhez azonban általában csupán olyan eltéréseket szabad hozzárendelni, amelyek vele kapcsolatosan közvetlenül felléphetnek. Ez alól kivételt jelentenek pl. az egymáshoz csatlakozó elemek zavarai következtében előálló leállások (pl. a szállítószalagokon fellépő anyagáram-
ingadozások a megrakógéphez rendelendők hozzá).

Ez a hozzárendelés idézi elő lényegében azt, hogy valamely anyagmozgatási rendszer E "eleme" alatt egy olyan (rész) rendszer értendő, amely magából az anyagmozgató gépből, a kiszolgáló- és karbantartó személyzetből és a közvetlenül (és csak az adott gépre) ható környezetből áll.

Absztrakt elemek bevezetése bizonyos esetekben megkönnyítheti a rendszerek vizsgálatát. Ilyen absztrakt "elemek":

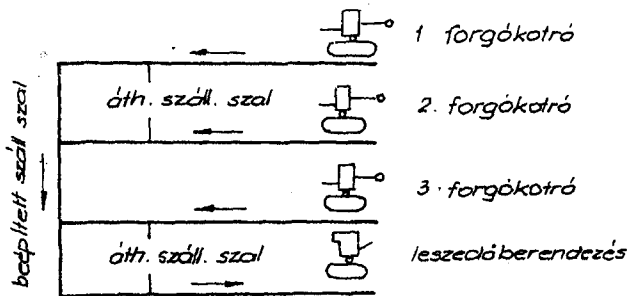
- amelyek "zavarai" az egész rendszert egyszerre leállítják (időjárás, áramszünet stb.),
- amelyek egy adott anyagmozgatási rendszert "lezárnak", vagy "indítanak".

Ha a feladó- és leadóelemekre ható tényezőket a fenti módon ezekhez az elemekhez rendeljük hozzá, fel lehet tételni - anélkül, hogy a rendszerek leírásában hibát követnénk el-, hogy a fellépő anyagáramok a feladóelemekből indulnak ki és a leadóelemekben végződnek. Ebben az esetben az anyagmozgatási rendszereket zárt rendszernek tekinthetjük, vagyis olyan rendszereknek, amelyeknek minden elemét csak a rendszer más elemeiből származó hatások érik, és amelyeknek minden eleme csak a rendszer más elemeire hat ki.

Az anyagmozgatási rendszerek hasonlósága gyakran áll fenn. Ez két rendszer között olyan kapcsolat, hogy az egyik rendszer minden eleméhez egyértelműen hozzárendelhető a másik rendszer eleme (vagy részrendszere), így az egyik rendszer elemei közötti minden kapcsolat a másik rendszer hozzájuk rendelt elemei (vagy részrendszerei) közötti kapcsolatnak felel meg (homomorf rendszerek).

Vegyük pl. szemügyre a következő három anyagmozgatási rendszert:

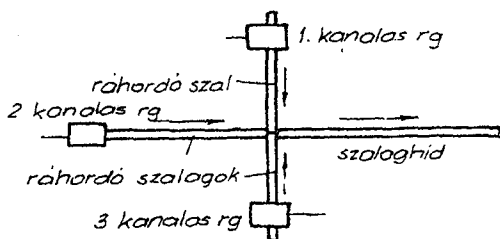
S_1 : a szállítószalag-láncot három forgókotró rakja meg és leszedőberendezés üríti (4. ábra).



4. ábra

Az " S_1 " anyagmozgatási rendszer vázlata

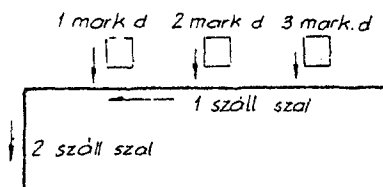
S_2 : szalaghídban futó szállítószalagra három szalag hord rá, az utóbbi szalagokat egy-egy kanalas rakodógép rakja meg (5. ábra).



5. ábra

Az " S_2 " anyagmozgatási rendszer vázlata

S_3 : két szállítószalagból álló lánc egyikéről, a másikra kerül az anyag, az első szalagra - a mellette elhelyezkedő - három, markolóval ellátott daru adja fel az anyagot (6. ábra).



6. ábra

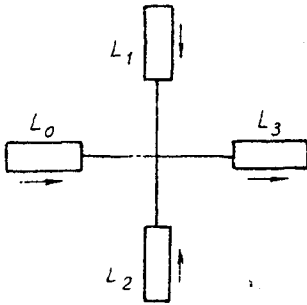
Az " S_3 " anyagmozgatási rendszer vázlata

Könnyen belátható, hogy az S_1 , S_2 , S_3 rendszereknek azonos struktúrája van a 7. ábrán bemutatott absztrakt anyagmozgatási rendszerrel.

Az $L_0 \dots L_3$ "láncok" megfelelőit megtaláljuk mindhárom vizsgált rendszerben. Amennyiben e láncok egyikét zavar éri, az egész rendszer szempontjából kiváltott hatás mindenkor azonos. A 7. ábrán sematikusán bemutatott rendszer tehát homomorfnak tekinthető az S_1 , S_2 , S_3 rendszerekkel.

A homomorfiás kapcsolatokat az anyagmozgatási rendszerek matematikai elemzésekor célszerű kihasználni. Minthogy homomorf rendszerek esetében sokszor nyílik lehetőség a már rendelkezésre álló számítási alapok felhasználására,

ily módon számottevő mértékben csökkenthető a kapcsolatos munkaráfordítás.



7. ábra

Az "S₁", "S₂" és "S₃"

anyagmozgatási rendszerekhez hasonló struktúrájú elvi rendszer vázlat

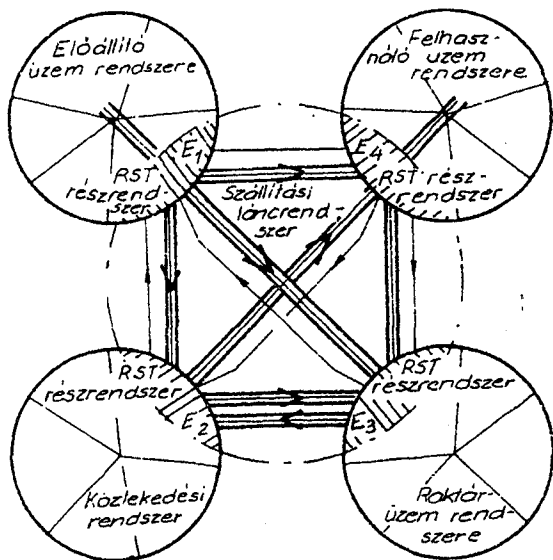
4. A szállítási lánc anyagmozgatási vonatkozásai

A szállítási lánc rakodási, szállítási és tárolási műveletek, = egymással és a munka tárgyával, a számuk, a soronkövetkezésük, a szervezésük és a munkaeszközök szempontjából - a minimális ráfordítások célkitűzésével összehangba hozott sorozata, amellyel egy meghatározott - és a szállítási lánc tartama alatt sem mennyiségi sem minőségi szempontból nem változó - árut a kiindulási üzemből a fogadó üzembe lehet juttatni.

A szállítási lánc is, elemi egységek sorozatából összeállítható rendszerként tekinthető. A szállítási láncot alkotó rakodási, szállítási tárolási elemek különféleeképpen illeszthetők össze folyamatokká, amelyek mind alkalmasak lehetnek egy adott szállítási feladat realizálására. A lehetséges alternatívák közül ki lehet választani egy meghatározott szállítási feladat szempontjából a legkedvezőbb szállítási láncot.

A szállítási lánc, a környezetét alkotó népgazdasági rendszerekkel összefüggésben ábrázolható (8. ábra).

A szállítási lánc az előállító üzem és a felhasználó üzem között helyezkedik el. A raktárüzem az árut átveheti és vál-



8. ábra
A szállítási lánc elhelyezkedése a népgazdasági környezetben

tozatlan állapotban bocsáthatja ki. A kapcsolatokat az előállító, a tároló és a felhasználó üzemek állítják elő.

A szállítási láncrendszer sajátossága, hogy nincsen olyan eleme, amely a sajátja lenne. Többnyire más rendszerekhez tartozó, és nem speciálisan a szállítási lánc realizálására szolgáló elemekből tevődik össze. Ilyen vonatkozásban a szállítási lánc az anyagmozgatás sajátos szervezeti formája.

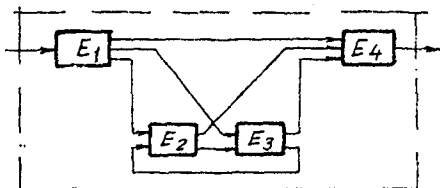
A szállítási lánc környezeti rendszereiben levő anyagmozgatási folyamatok mint rakodási-, szállítási-, tárolási részrendszerek, egymással összhangban vannak, azonban nem tartoznak a szállítási lánc munkafolyamatába. Ebből kifolyólag valamely rakodási, szállítási, tárolási részrendszernek a technikai elemei általában csak időnként használható fel szállítási feladatok megoldására, a szállítási láncok keretében. Egy-egy elem több szállítási láncban is részes lehet.

A rendszer elemei közötti kapcsolatok közül szempontukból természetesen az anyagi kapcsolatok állanak az előtérben, amelyek az anyagfolyamban, vagyis az áruk áramlásában nyilvánulnak meg. Minthogy ez többek között a valószínűségelmélet törvényszerűségeinek van alávetve, a szállítási láncrendszernek sztochasztikus jellege van.

Minthogy az E_1 és E_4 elemek a környezet rendszereivel kapcsolatban állnak, a szállítási lánc nyílt rendszernek tekintendő.

A szállítási láncra jellemző szállítási kapcsolatok (9. ábra) lehetséges változatai a következők:

1. E_1 -ből közvetlenül E_4 -be (előállító üzem - felhasználó üzem),
2. E_1 -ből közvetlenül E_3 -ba és onnan E_4 -be (előállító üzem - raktárüzem - felhasználó üzem),
3. Az egységgrakomány egymás után több E_3 elemen (több önálló raktárüzemen) halad át.
4. Az E_2 - E_3 vagy E_4 és az E_3 - E_4 kapcsolatok közvetettek vagyis az E_2 -n (közl. üzem) haladnak keresztül.



9. ábra

A szállítási láncrendszer lehetséges kapcsolatai

5. Az anyagmozgatási feladat fogalma és összetevői

Az anyagmozgatással szemben támasztott igény szabatos meghatározhatósága előfeltétele az ezirányú problémák megoldásának. A helyváltoztatásra kerülő anyagot mindenképp meg kell fogni, ill. fel kell venni az anyagmozgató gép által, ezt követően továbbítani kell többé-kevésbé meghatározott útvonalon és távolságra, majd a rendeltetési helyen le kell tenni, ill. el kell engedni.

Az anyagmozgatási feladat megfogalmazásánál mindenképp előtt a feladat tárgya, az az anyag stb. jut szerephez, amelyet az egyik helyről a másikra kell eljuttatni, és amely az anyagmozgatás szempontjából támaszt meghatározott követelményeket az anyagmozgatás irányában.

Az anyagmozgatás során végeredményképpen mindig két pont közötti távolságot kell leküzdeni, az anyagmozgatási feladat nagyságrendjének meghatározásakor tehát szerephez jut az anyagmozgatási útvonal, ill. távolság is.

Egyes anyagmozgatási igényeket egyszeri anyagmozgatási tevékenységgel ki lehet elégíteni, másik a tevékenység bizonyos időközökben való megismétlését igénylik. Az ezzel kapcsolatos követelmények az anyagáramlási intenzitásban és az anyagmozgatás meghatározott időpontjában jutnak kifejezésre. Előbbi az időegység alatt mozgatandó anyagmennyiséggel, utóbbi az anyagmozgatási ténykedés kifejtésére vonatkozó időbeli kötöttség megadásával (kezdeti vagy befejezési időpont, vagy mindkettő együtt) fejezhető ki.

Az anyagmozgatási feladat meghatározását sok esetben még bizonyos olyan hatóságok stb. előírások, rendszabályok is befolyásolják, amelyeket az anyagmozgatási folyamat megtervezésekor figyelembe kell venni. Ezek célja általában az anyagmozgatás területén foglalkoztatott, illetve az anyagmozgatással kapcsolatba kerülő dolgozókat fenyegető veszélyek kiküszöbölése vagy csökkentése.

A mozgatandó anyag mennyiségi és minőségi jellemzőit a következő fejezetben részletesen tárgyaljuk.

Az anyagmozgatási útvonal, ill. távolság alatt mindazok az adottságok értendők, amelyek az anyagmozgatásban érintett kezdő és végpont térbeli helyzetéből származóan követelményeket támasztanak az anyagmozgatási teljesítmény tekintetében. A mozgatási útvonalak 1. a leküzdendő távolságok és 2. a vonalvezetésük szerint csoportosíthatók.

A leküzdendő távolság a) rövid, b) közepes c) hosszú lehet. Az üzemen belüli anyagmozgatásnál "rövid" a távolság akkor, ha a különféle technológiai műveletekkel kapcsolatos "kezelés" jellegű mozgásokról van szó. A "közepes" távolságok kb. 500 m-ig terjednek, ill. e fölött "hosszú" távolságról beszélünk.

Az út vonalvezetése a legtöbb esetben ívck beiktatását is igényli, de előfordul egyenes út is. Az út egyebekben a) vízszintes, b) függőleges, c) ferde vagy d) ezek kombinációja lehet. Elhelyezkedhet épületen belül vagy épületen kívül.

Az anyagmozgatási útvonal és a mozgatógép közötti kölcsönhatás nem csupán abban nyilvánul meg, hogy pl. a már rendelkezésre álló, meghatározott kialakítású útvonal befolyásolhatja az anyagmozgató gép megválasztását, és megfordítva, a rendelkezésre álló anyagmozgató gép igényei eldönthetik az útvonal kialakítását. Tekintettel kell lenni arra az összefüggésre is, amely a mozgatási távolság és a műszaki-gazdasági szempontból optimális géptípus kiválasztása között fennáll. Az anyagmozgatási feladat meghatározásához szükség van a mozgatandó anyag mennyiségének és a mozgatási igény időbeli eloszlásának ismeretére is. Ismerni kell mindenekelőtt a naponta v. műszakonként mozgatandó mennyiségeket, továbbá szakaszos működésű anyagmozgató gépek esetében a ciklusonként, folyamatos működésű anyagmozgató gépek esetében az időegység alatt továbbítandó anyagmennyiséget.

Az anyagáramlás intenzitása (I_A) a bizonyos meghatározott időszak (t) alatt mozgatandó anyagmennyiséget (G) adja meg: $I_A = \frac{G}{T}$. Szakaszos anyagmozgatás esetében az anyagmozgatás gyakorisága (f_A) is figyelembe veendő. Az egy ciklusban mozgatandó anyag mennyiségét (tételt) q -val, a ciklusok számát c -vel jelölve: $I_A = q \cdot c / t$, illetve $I_A = q \cdot f_A$. Ha az időegység alatt mozgatandó változatlan nagyságú tételek száma növekszik, vele együtt nő az anyagmozgatás gyakorisága és ennek arányában az anyagáramlás intenzitása is. Ha a tételek száma annyira nagy, hogy az egyes anyagmozgatási ciklusok időben érintkeznek (nincsenek közöttük szünetek), akkor elértük az adott berendezés teljes mérvű kihasználását, vagyis a legnagyobb gyakoriságot és intenzitást.

A gyakoriság és az intenzitás mindig bizonyos meghatározott időtartamra vonatkozik, amikor is meg kell ítélni az elérhető legmagasabb értéküket.

Az anyagmozgatási igény felléphet a) időben egyenletesen, vagyis ritmikusan (meghatározott időközökkel), vagy b) időbeni szabályszerűség nélkül. Az utóbbi esetben csak akkor lehet az egész anyagmozgatási feladat vonatkozásában intenzitásról beszélni, ha egyáltalán szó lehet egy feladattá való összefogásról. Utóbbi feltételezi, hogy a szabálytalan időközökben fellépő anyagmozgatási igény szabályos időközökben, vagy folyamatosan, bizonyos készletek képzésével kielégíthető. Az anyagmozgatási feladatban tehát olyan egyformaságnak kell uralkodnia, ami az ismétlődő műveletek egymás között elvileg felcserélhetővé teszi.

Még az állandó időközökben ritmikusan ismétlődő igény esetében is csak akkor lehet egységes anyagmozgatási feladatról beszélni, ha a két kívánt anyagmozgatási tevékenység közötti időköz nem túl nagy.

Az egy anyagmozgatási igény ismétlődései közötti időköz legnagyobb értékeként általában nem célszerű egy hónapnál hosszabb időtartamot választani. Az az anyagmozgatási teljesítmény, amelyet havonta egy alkalomnál kevesebbszer kell kifejteni, mindenkor új anyagmozgatási feladatként kezelhető.

A termelés az anyagmozgatást nemcsak mennyiségi, hanem időponti szempontból is befolyásolja. Időben teljesen független anyagmozgatásról nem lehet szó, az időpontokat valamilyen módon mindig tekintetbe kell venni. A határidők meghatározóak is lehetnek az anyagmozgatás kialakítására. Ha kisebbek a termelési volumenek a határidők rendszerint hosszúak és rugalmasak is, ilyenkor esetleg az anyagmozgatás időbeli tervezése a termékátfutás tervezésén alapul. A termékátfutás tervezés a technológusok által kialakított technológiai folyamat időbeli folyamatává egészíti ki. Enél-

kül a termelés folyamatosságát, a lehető legrövidebb átfutási időt nem lehetne biztosítani. Nehéz lenne az anyagmozgást is tevészerűvé tenni, eszközeit megfelelően kihasználni.

A termelési folyamat és az anyagmozgatás pontos menetrendjét csak az egyes műveletek pontos időbeli tervezése esetén lehet kidolgozni. A termékátfutás tervezése során kidolgozott munkaidő-szükségletkapacitás mérleg teremti meg az előfeltételét az anyagmozgatási folyamatok tervezésének: a menetrendek kidolgozásának, az anyagmozgató gépek száma és a munkaerő-szükséglet stb. meghatározásának.

6. Anyagmozgatási teljesítmény

Az anyagmozgatási rendszerrel szemben támasztott anyagmozgatási igények kielégítéséhez az anyagmozgatási feladat megoldásához szükséges "teljesítményt" anyagmozgatási teljesítménynek nevezzük. Számszerű értékét az anyagáramlási intenzitás, valamint a mozgatási távolság befolyásolja és az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$P_A = \sum_{i=1}^n I_{A_i} \cdot l_i = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{t_i} \cdot l_i \quad (\text{tm/h}).$$

ahol:

- i = az egyes anyagmozgatási relációk indexe (i) 1, 2, ... n),
- I_{A_i} = az i -edik relációban az anyagáramlási intenzitás értéke (t/h),
- l_i = az i -edik reláció mozgatási távolsága (m),
- G_i = az i -edik relációban mozgatott anyagmennyiség (t),
- t_i = az i -edik relációban G_i mennyiségű anyag l_i távolságra való mozgatásához szükséges idő.

Az anyagmozgatási teljesítmény létrehozásához az anyagmozgatás:

- gépesítési,
- létesítményi és
- szabályozási

alrendszereinek, valamint az anyagmozgatási segédeszközöknek összehangolt közreműködése szükséges.

Az anyagmozgatási rendszer gépesítési alrendszere az anyagmozgató gépek szinkronizált működésével lehetővé teszi

az anyagok, áruk és termékek helyváltoztatását. Általában az ember aktív részvételét igényli és a kifejtendő fizikai erőt és a balesetveszélyt nagymértékben csökkenti. Legfejlettebb formája az automatizált anyagmozgatási géprendszer, melyben az embernek csak irányító és ellenőrző szerepe van.

Az anyagmozgatási rendszer létesítményi alrendszere elsősorban a szállítópályákkal kapcsolatos problémákat jelenti. A szállítópályák olyan létesítmények, melyek az anyagmozgató gépeknek és eszközöknek, illetve a mozgatandó anyagoknak az anyagmozgatási útvonalon történő, az anyagmozgatási igények teljesítése érdekében kifejtett mozgását teszi lehetővé.

A szállítópályák nincsenek mindig kiépítve, ilyenkor az anyagmozgatási útvonal egybeesik a szállítópályával. Kialakításuknál figyelembe kell venni a szállítópályák és az anyagmozgató gépek összhangjának követelményét. Amennyiben a szállítópályán közvetlenül anyagot mozgatunk (görgős szállítópálya, csúszda stb.), kialakításukkal a mozgatott anyagok sajátosságaihoz kell igazodnunk.

A szállítópályák vízszintes, függőleges, illetve ferde mozgást tehetnek lehetővé. A szállítópályák lehetnek padlószinthez nem kötöttek: az utóbbi esetben még megkülönböztethetünk padlószint alatt, vagy fölött elhelyezett szállítópályákat.

Sok anyagmozgató gép esetén - szállítószalag, függőkonvektor stb. az anyagmozgatás gépi és létesítményi alrendszere egybeesik, nem választható szét.

Az anyagmozgatási rendszer szabályozási alrendszere az anyagmozgatási folyamatok irányítását (ellenőrzési és vezérlési) végzi. Feladata még az anyagmozgatási rendszerek fejlesztése, korrekciója, mely ellenőrzési, döntési, tervezési és szervezési tevékenységekkel hajtható végre (anyagmozgatási rendszerszervezés- és tervezés).

Az anyagmozgatási segédeszközök alatt mindazokat az eszközöket és berendezéseket értjük, melyek az anyagmozgatási tevékenység során az anyagmozgató gépek és szállítópályák mellett felhasználásra kerülnek.

A hagyományos anyagmozgatási segédeszközök közé tartoznak a rakodók, áthidaló lemezek, görgők, láncok, kötelek stb.

A korszerű anyagmozgatási segédeszközök közül a legfontosabbak az olyan egységtrakomány-képző eszközök, mint a rakodólapok, szállítóládák és a szállítótartályok, valamint az anyagmozgatási folyamatok jelző-, biztosító- és ellenőrző berendezései.

II. A mozgatandó anyagok jellemzése

1. A mozgatandó anyagok csoportosítása

A mozgatandó anyagok jellemzéséhez azok különböző szempontok szerinti csoportosítása célszerű. A csoportosítás végezhető:

- a) az anyag fajtája szerint (pl. darabáru, ömlesztett anyag stb.),
- b) az anyag fizikai állapota szerint (szilárd, cseppfolyós, és légnemű halmazállapot),
- c) a csomagolás fajtája szerint (csomagolatlan, zsákba, hordóba, ládába, kartondobozba stb. csomagolt),
- d) az anyag alakja és külső méretei szerint (darabárunknál: kocka alakú, hasáb alakú, henger alakú, lemez alakú, szabálytalan alakú, ill. terjedelmes, nem terjedelmes, ömlesztett anyagoknál: élhosszak viszonya az egyes dimenziókban, élek legömbölyítettek vagy élesek, rostos, szálás, bolyhos stb., ill. mértékadó szemmagyság),
- e) a mozgatandó egységek tömege szerint (könnyű, közepesen súlyos és súlyos egységek),
- f) az anyag különleges tulajdonságai szerint (nyomás alatt vagy önmagától összeálló, abrazív, korrozív, törékeny, forró, hideg, robbanékony, gyúlékony, porképző, nedves, ragadós, higroszkopikus, bűzös, fém-érzékeny, higiéniai szempontból érzékeny stb.),
- g) az anyag meghatározott rendkívüli környezeti körülmények közötti viselkedése szerint (pl. hűtőházban),
- h) az anyag környezetre való ártalmassága szerint (pl. tűzveszélyes, robbanásveszélyes, fertőző, sugárzó stb.).

Darabárunknak anyagmozgatási szempontból azok az áruk minősülnek, amelyekre a darabonként megvalósuló, egyedi mozgatás jellemző. Különböző méretűek, alakúak lehetnek. Az anyagmozgatás során a különböző ömlesztett anyagokat magukban foglaló edényzetek is "darabárunknak" minősülnek.

Ömlesztett anyagoknak azokat a rendszerint különböző szemmagyságú elemi részeket tartalmazó, de általában egy-nemű anyagokat nevezik, amelyek nagyobb tömegekben, rendezetlenül és csomagolatlanul kerülnek mozgatásra, tárolásra, szállításra. Az e gyűjtőnév alá sorolható különféle anyagok

a sokrétűségük és az anyagok mozgását, ömlékenységét stb. befolyásoló számos tényező hatása miatt sokszor jelentenek nehézségeket az anyagmozgatásban. A tapasztalat szerint az anyagi jellemzők kismérvű változtatásai is már megfélepetést okozhatnak.

A gyakorlatban megkülönböztetik az önthető anyagokat az ömleszthetőktől.

Anyagmozgatási szempontból ide sorolják azokat az száraz por alakú és finomszemcsés, gördülékeny szilárd halmazállapotú anyagokat (pl. porszén cement, liszt, gabona stb.) is, amelyek csővezetékben mozgathatók, akár a nehézségi erő, akár valamilyen egyéb hatóerő, igénybevételel. Tehát nincs határozott határvonal a folyadék és a szilárd halmazállapotú anyag között, bár az egyes "önthető" szilárd halmazállapotú anyagok a mozgatásukkor különböző jellegzetességeket mutathatnak fel.

Az osztályozási szempontok közül azért emeltük ki fentieket, mert ezek alapvetően befolyásolják az anyagmozgatási rendszert.

2. Az ömlesztett anyagok általános jellemzése

2.1 Az ömlesztett anyagok általános jellemzése

Az ömlesztett áruk csoportjába soroljuk mindazokat az általában egynemű és többé-kevésbé hasonló alakú árukat, amelyeknek szállítását, rakodását és tárolását nagy tömegben, rendezetlenül és csomagolatlanul végzik. Ilyen módon kerülnek szállításra az ásványi anyagok, bányatermékek (érc, szén, homok stb.), egyes ipari termékek (műtrágya, burgonya, kukorica, cukorrépa stb.), valamint egyes élelmiszeripari cikkek (liszt, cukor), persze ezek mindegyike az igényektől és körülményektől függően zsákolva vagy egyéb módon csomagolva, darabáruként is továbbítható. Az ezen csoportba sorolt áruféleségek eltérő tulajdonságúak és darabnagyságúak lehetnek, porszerű anyagtól a nagydarabos bányatermékekig és az ömlesztve szállításra és tárolásra kerülő papírfarönkig. Közös jellemzőjük azonban az, hogy az anyagmozgatási folyamaton az egyedi darabok sokasága, tömege vonul végig, ezért az ömlesztett áruk csoportjába tartozó termékeket gyakran tömegárúknak is nevezik.

A különböző fajtájú anyagmozgató gépekkel továbbításra kerülő ömlesztett anyagokat sűrűségük, belső súrlódásuk és kohéziójuk, valamint számos más egyéb tulajdonságuk jellemzi és ezek meghatározzák mind a mozgítás közbeni, mind a tárolás alatti sajátos viselkedésüket.

A jelenségeket vizsgáló "ömlesztett anyagok mechanikája" törvényeinek meghatározását igen bonyolulttá tenné az összes előbb említett jellemzők, így például az anyag eltérő szemnagysága és a szemcsék között ébredő kohéziós erők egyidejű hatásának figyelembevétele, ezért a vizsgálatok áttekinthetőbbé tétele érdekében az anyagot idealizáljuk. A vizsgálatokban részt vevő ideális ömlesztett anyag azonos méretű és szabályos alakú szemcsékből áll, amelyek között csak belső súrlódás ébred, azaz kohézió nem áll fenn.

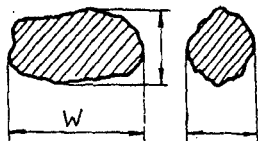
Az ideális anyagra megállapított törvényszerűségeket vonatkoztatjuk aztán az egyes, sajátos tulajdonságokkal bíró ömlesztett anyagokra és annak alapján határozhatjuk meg várható viselkedésüket.

2.2 Az ömlesztett anyagok jellemzői és vizsgálatuk

a) Szemnagyság és szemcseösszetétel

Az ömlesztett anyag hézagokkal körülvelt változó méretű és alakú szemcsékből áll. A szemcsék közötti hézagokat általában levegő, egyes esetekben pedig víz tölti ki. Az ömlesztett anyag külső behatásokkal szemben való viselkedését az alkotó szemcsék nagysága és alakja, valamint szemcseösszetétele nagymértékben befolyásolja.

A szemcsék alakja lehet gömbölyű, gömbölyded, lemezes, lapos szögletes, koptatott, tojás-, répa- és korong alakú stb. Ha a szemcsét gömb alakúnak képzeljük, akkor mérete egyetlen adattal, az átmérővel megadható. Gyakorlatban azonban a szemcse mindig szabálytalan alakú, ezért a szemcse-átmérő fogalmát csak mint a szemcsenagyság névleges méretére jellemző adatot használjuk, és alatta annak a legkisebb négyzet vagy kör alakú nyílásnak a méretét - oldalhosszát vagy átmérőjét - értjük, amelyen a szemcse még átesik. A meghatározás módszeréből következik, hogy hosszúkás alakú szemcsék (pl. búza, árpa, aprított kőzetek) egyik mérete, azaz a hossza nagyobb lehet, mint a szemnagyság meghatározására szolgáló szita vagy rosta nyílásának névleges mérete.

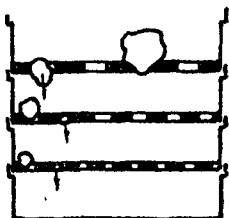


10. ábra
A szemcse jellemző
mérletei

Ezért az ilyen hosszúkás szemcsék nagyságát három egymásra merőleges síkban mért méretükkel kell pontosan meghatározni (10. ábra). Ezek közül a legnagyobb méret a hossz, a szemcse nagyság (w), amely - különösen nagyobb darabok esetén - jelentős befolyással van az alkalmazandó anyagmozgató gépek és berendezések egyes főméreteinek (pl. szállítószalagok hevederszélessége, elevátorok serlegének szájnílmérete, bunkerek kiömlőnyílásának átmérője stb.) meghatározására.

Finomabb, szabad szemmel nem látható szemcsék átmérőjén annak az azonos anyagból levő gömbnek az átmérője értendő, amely adott folyadékban a szemcsével azonos sebességgel süllyed.

Az ömlesztett anyag szemcseösszetételén az anyagot alkotó szemcsék szem nagyság szerinti eloszlását értjük és tömegszázalékban adjuk meg. A szemcseösszetételt szitálással vagy rostálással határozzuk meg, úgy, hogy az ömlesztett, vegyes szemcse nagyságú anyagot különböző nyílású sziták segítségével frakciókra bontjuk szét (11. ábra).

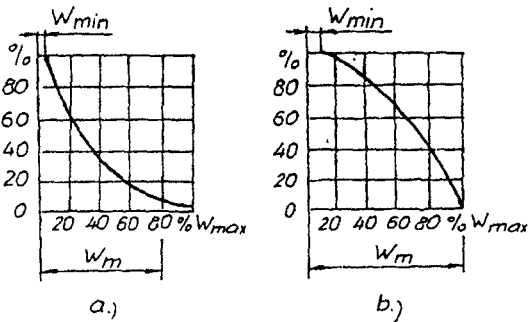


11. ábra
Vázlat a szitaanalízis értelmezésére

A szitálás eredményét szemeloszlási görbe ábrázolja. A görbe egy-egy pontja megadja, hogy egy bizonyos méretnél nagyobb szemcsék összesen hány tömegszázalékban vannak jelen az anyaghalmazban. A görbe tehát összegező, integráló görbe (12. ábra).

A szemeloszlási görbe abszcisszájára az szitanyílást, illetve az ezzel meghatározott szem nagyságot számszerűen vagy a legnagyobb szemcseméret (w_{\max}) százalékában - a jobb áttekinthetőség érdekében gyakran logaritmikus léptékben - és az ordinátára pedig az át nem esett szemcsék, azaz az ún. szitamaradék százalékos tömegarányát mérjük fel.

Az ömlesztett anyagra a benne előforduló legkisebb és legnagyobb szemcsék méreteinek aránya jellemző. Egyes anyagfélések, mint pl. a burgonya, gabona vagy brikett szem nagysága általában hasonló, míg az ércek, szén és ásványfélések összetétele a porostól a nagydarabosig változhat



12. ábra a/b

A szemeloszlási görbe és jellemző alakulásai

az egyes lelőhelyek sajátosságaitól, valamint a későbbi osztályozás mértékétől függően.

Ha az előforduló legnagyobb és legkisebb szemcsék mérete közti arány 2,5 vagy annál kisebb, azaz

$$\frac{w_{\max}}{w_{\min}} \leq 2,5$$

az anyag osztályozottnak minősül.

Ha a fenti arány nagyobb, mint 2,5 az anyag osztályozatlan.

A szitaanalízis során az ömlesztett anyag szemmagyság szerint az alábbi frakciókra bontható:

nagydarabos		> 160 mm,
darabos	60	- 160 mm,
apródarabos	10	- 60 mm,
durvaszemcsés	2	- 10 mm,
finomszemcsés	0,5	- 2 mm,
porszemű	0,05	- 0,5 mm, és
por, liszt		< 0,05 mm.

Az anyagmozgató gépek megválasztása szempontjából az ömlesztett anyagot a mértékadó szemcse nagysága jellemzi, ezt szitaanalízise alapján határozhatjuk meg.

Ha a nem osztályozott (osztályozatlan) ömlesztett anyag w_{\max} és $0,9 w_{\max}$ szemmagyság közé eső frakciójában az anyag mennyiségének 10%-ánál kevesebb jut, az anyag mértékadó szemmagysága (12/a ábra):

$$w_m = 0,8 w_{\max}$$

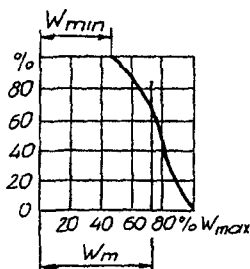
Ha pedig a $0,8 w_{\max}$ méretűnél nagyobb szemcsék frakciónak aránya nagyobb, mint 10%, a mértékadó szemmagyság (12/b ábra):

$$w_m = w_{\max}$$

azaz az osztályozatlan anyagot ez esetben a legnagyobb méretű szemcse mérete jellemzi.

Osztályozott anyag esetében a mértékadó szemmagyság a közepes szemcseméretnek felel meg (12/c ábra), azaz:

$$w_m = \frac{w_{\max} + w_{\min}}{2}$$



c)

12. ábra c

A szemeloszlási görbe és jellemző alakulásai

b) Nedvességtartalom

Általában minden ömlesztett anyag bizonyos nedvességet tartalmaz, amely lehet:

Belső nedvesség, mégpedig

- vegyileg az anyaghoz kötött ún. kristályvíz, vagy
- a környező levegőből az anyagszemcsékbe beszivárgó higroszkopikus nedvesség, és

Külső nedvesség

- az anyagrészek felületén filmréteget képező molekuláris nedvesség, vagy
- az egyes anyagszemcsék közötti hézagokat kitöltő víz (gravitációs víz).

A külső nedvességet tartalmazó ömlesztett anyagokat nedves anyagoknak nevezzük. Ha ezeket hosszabb ideig szabad levegőn tartjuk a külső nedvesség elpárolog és az anyagban visszamarad a belső nedvesség az ilyen anyagokat légszáraz állapotúnak nevezzük. A csak kristályvizet tartalmazó ömlesztett anyag a száraz anyag.

A nedvességtartalmat az anyagnak 105 °C hőmérsékleten 2-4 óra hosszat tartó szárítása előtt és után lemért tömege összehasonlításával, a száraz anyag tömegszázalékában adjuk meg:

$$N = \frac{G_1 - G_2}{G_2} 100 (\%),$$

ahol G_1 az anyag tömege szárítás előtt és G_2 szárítás után.

c) Térfogattömeg és sűrűség
(Térfogatsúly és fajszúly)

Az ömlesztett anyag térfogattömegén a térfogategységben elhelyezhető anyagmennyiség tömegét értjük és kg/m^3 vagy t/m^3 értékben adjuk meg. Ennél mindig nagyobb az anyagnak a sűrűsége, amely alatt a térfogategységnyi tömör - tehát az anyag - szemcsék közötti hézagokban levő levegő - és vízzárványoktól mentes - anyag tömege értendő. Ennek dimenziója is kg/m^3 vagy t/m^3 .

Az előbbiekből következik, hogy az ömlesztett anyag térfogattömege annál kisebb, minél nagyobbak a szemcsék közötti levegővel kitöltött hézagok. Amennyiben a hézagok víz-zel vagy apróbb szemcsékkel, illetve porral töltődnek fel a térfogattömeg arányosan növekszik. Levegővel keveredett, laza állapotú lisztszerű és poros anyagok térfogattömege lényegesen kisebb az ugyanazon fajtájú vagy minőségű darabos anyag térfogattömegénél. Azonban hosszabb állás, illetve ütögetés vagy vibrálás hatására a légbuborékok eltávoznak és az anyag jelentékeny mértékben, esetleg eredeti térfogatának felére is összetömörödik, és így térfogattömege jelentősen megnövekedik majdhogyan a sűrűség értékét is eléri.

Miután a nedvességtartalom, szem nagyság és szemcseeloszlás, valamint a tömörödési jelenségek ugyanazon fajtájú ömlesztett anyag térfogattömegét is jelentősen befolyásolják, a tervezés megkezdése előtt a kezelendő anyag összetartozó jellemzőit gondosan meg kell határozni, illetve mérési lehetőség hiányában a táblázatokból kivett adatokat csak, mint két - tág határok között változó - szélső érték átlagát szabad alapul venni (1. táblázat). Az ömlesztett

Ömlesztett anyagok térfogattömege
(MSZ 8640-54)

Anyag	t/m ³	Anyag	t/m ³
Antracit, darabos és légszáraz	0,82-0,90	Homok, finom és nedves	1,65-2,10
Aprószén, W 20 mm	0,80-0,85	Homok, durva	1,40-1,60
Szén darabos és légszáraz	0,72-0,86	Formázóhomok	1,15-1,60
Barnaszén, darabos és légszáraz	0,65-0,78	Kavics, száraz	1,70-1,90
Lignit	0,65-0,85	Kavics, nedves	1,90-2,10
Tőzeg, száraz	0,32-0,41	Kavicsos homok száraz	1,50-1,65
Tőzeg, nedves	0,41-0,65	Kavicsos homok, nedves	1,60-1,80
Koksz, darabos és légszáraz	0,40-0,55	Dolomit	1,20-1,50
Fejlett szén (aknaszén)	0,70-0,95	Gránit, zúzott	1,80-2,50
Széntüzelés salakja	0,65-0,85	Mészkeő, zúzott	1,50-1,80
Granulált kohósalak	0,60-1,00	Homokkeő	1,30-1,50
Széntüzelés hamuja, száraz	0,55-0,90	Pala	1,80-2,80
Falazótégla	1,40-1,55	Vasérc	1,75-3,00
Kliner-tégla	1,60-2,00	Kvarc	2,30-2,80
Mész, égetett, darabos	1,00-1,40	Búza	0,70-0,80
Portlandcement lazán öntve	1,10-1,45	Rozs	0,68-0,80
Salakcement, lazán öntve	0,90-1,10	Árpa	0,65-0,72
Beton, plasztikus vagy földnedves	1,80-2,45	Zab	0,40-0,55
Föld, száraz	1,10-1,60	Kukorica morzsolt	0,70-8,80
Föld, nedves	1,60-1,80	Liszt	0,65-0,72
Agyag, száraz	1,20-1,60	Cukorrépa	0,47-0,65
Agyag, nedves	1,60-2,10	Cukor, darabos	0,75-1,00
Homok, finom és száraz	1,10-1,65	Köszó	1,50-2,20
		Finom só	0,65-1,50
		Csont	0,80-1,15
		Mútrágya	0,85-1,00
		Fűrészpor	0,30-0,35

anyagok térfogattömegének meghatározási módját az MSZ 8640-54 országos szabvány részletesen tárgyalja és megadja, mint leglényegesebb feltételt, a szemcsenagyság és mérőedény mérete közötti összefüggést is.

A méretezés biztonsága érdekében az ömlesztett anyag tömegéből adódó terheléseknél, valamint az anyagmozgató gép működtetéséhez szükséges munkateljesítmény számításánál mindig a térfogattömeg óvatosan becsült felső határértékével célszerű számolnunk. Hasonló okból a meghatározott tömegű ömlesztett anyagot befogadó tárolók befogadóképessége vagy továbbító anyagmozgató gépek szállítóképessége számításánál a száraz, laza anyagokra jellemző alsó határértéket kell alapul venni.

A különböző ömlesztett anyagok térfogattömegük szerint az alábbi csoportokba sorolhatók:

igen könnyű anyagok (pl. faforgács)	< 0,3 t/m ³
könnyű anyagok (kocsz)	0,3 - 0,6 t/m ³
középheíz anyagok (szén)	0,6 - 1,2 t/m ³
igen nehéz anyagok (ércek)	> 2,0 t/m ³

d) Koptató hatás (abrazivitás)

Egyes ömlesztett anyagoknak a velük érintkező felületeket rongáló, koptató hatása elsősorban az anyag szemcséinek keménységétől függ, de ezen túlmenően a felületek érdessége is figyelembe veendő. A gyakorlatban előforduló ömlesztett anyagok közül leginkább koptató a kocsz, de jelentős koptást okoz a kvarchomok, a bauxit, a cement, a különböző ércek, az égetett építőipari termékek, sőt még a gabona is.

Az egyes ömlesztett anyagok keménységét az alábbi Moosféle összehasonlító keménységi skála értékeivel adjuk meg a legpuhább talkumtól a legkeményebb gyémántig.

talkum	1	földpát, molibdén	6
gipsz, kősz	2	kvarc	7
mészpát, réz	3	topáz	8
folypát, vas	4	zafír, korund, timföld	9
		gyémánt	10

Megjegyzendő, hogy egyes viszonylag puhább anyagok szemcséinek érdes felületei, éles sarkai is jelentős károsodást okozhatnak a velük érintkező gépelemekkel és felületekkel, így pl. az éles sarkú, de nem abrazív kőszén nagyobb magasságból lehullva a szállítószalag gumihevederét erősen rongálja.

e) Összefagyási hajlam

Külső nedvességtartalommal bíró ömlesztett anyagok hosszabb időtartamú fagyponthoz alatti hőmérsékleten tartás során egyetlen, nehezen szétbontható tömeggé fagnak össze. Erre leginkább hajlamosak az aprószemű mosott szén, a flottált ércek, a szállítás közben megázott anyag és bauxit.

f) Ragadási és összetapadási hajlam

Ragadásnak nevezzük az ömlesztett anyagok azon tulajdonságát, hogy ráragadnak vagy tapadnak másfajta anyagból kiképzett felületekre. Általában a nedves anyagok ragadnak, de egyes száraz anyagoknak is megvan az a tulajdonságuk, hogy fára vagy nyirkos anyagra feltapadnak. Ez utóbbi jelenség az anyagrészekék között fennálló molekuláris vonzóerővel magyarázható.

Összetapadásnak azt a jelenséget nevezzük, amikor huzamosabb idejű tárolás után egyes ömlesztett anyagok szemcséi összetapadnak, ez leginkább a levegőből felszívott higroszkopikus nedvesség hatására következik be. Az összetapadási hajlam az anyagban létrejövő nyomással növekszik, ezért különösen tárolóbunkerek alsó részében áll elő az összetapadás.

g) Belső súrlódás és kohézió

Súrlódásnak nevezzük azt az ellenállást, amelyet a két egymáson nyugvó, de különálló test elmozdításához a mozgás irányában ható erőnek le kell győznie. A súrlódás passzív erő, amely csak aktív erő működése esetén és azzal azonos mértékben ébred. A súrlódási törvény igen bonyolult természeti törvény, amely több tényező hatására jön létre, és a fizikai lényegére vonatkozó nézetek sem egységesek. Számos kísérlet rámutatott azonban arra, hogy a súrlódást jellemző ellenállási tényező az ún. súrlódási tényező értéke nagymértékben függ az érintkező felületek közti folyadék "film" tulajdonságaitól. Ez a film idézi elő az adhézió, illetve a kohézió jelenségét is.

Ömlesztett anyagok esetében súrlódás az egyes szemcsék között lép fel. Ha a szemcsék mérete a rájuk tapadt film-burok vastagságához képest nagy, akkor az adhézió alárendelt szerepet játszik, mert a terhelés következtében az egyes szemcsék érintkezési pontjain fellépő nyomás az érintkezési pontok viszonylag kis száma miatt nagy, a film emiatt erősen összenyomódik, és a nyomás gyakorlatilag szemcséről szemcsére adódik át. Az ilyen ömlesztett anyagban nagy lesz a belső súrlódás, és nem jelentkezik adhézió. A viszonylag

kis szemcséjű anyagoknál a felületegységre jutó érintkezési pontok száma megnövekszik, emiatt a szemcsék között ébredő fajlagos nyomás csökken, és ez az abszorpció és film viszonylagos vastagságnövekedését eredményezi. A nyírési ellenállás csökken, azonban jobban érvényre jut a film adhéziója, ezért van az, hogy egyes finomszemcséjű anyagok (pl. agyag, nedves homok) kicsiny belső súrlódással, de jelentős kohézióval rendelkeznek.

Bár a vizsgálatok azt mutatják, hogy a víznek fontos szerepe van az ömlesztett anyagok nyírószilárdságának nagyságában és annak változásában, mégis azt kell megállapítani, hogy a víznek kenőhatása nincsen sőt bizonyos - vizet felszívó - anyagoknál a súrlódási tényezőt növeli.

Az ömlesztett anyagok belső súrlódásának vizsgálata során mindig szemcsehalmozatokkal van dolgunk, és az ezeknél előálló jelenségek sokkal bonyolultabbak, mint a felületek menti súrlódás esetében. A szemcsék érdes felületeikkel egymásba kapaszkodnak, vagy egymáson néha a csúszás irányára merőlegesen is elgördülnek stb. így megállapítható, hogy az ömlesztett anyagnak a csúszólap és gördülő ellenállásból, részben pedig a szemcsék egymásba kapcsolódásából tevődik össze.

A belső súrlódás az egymással érintkező szemcsék között a mozgással szemben fellépő ellenállás részben csúszó és gördülő ellenállásból, részben pedig a szemcsék egymásba kapcsolódásából tevődik össze.

A belső súrlódás az egymással érintkező szemcsék között a mozgással szemben fellépő erő, amely a nyomás növekedésével lineárisan változik. A kohézió pedig egy, az ömlesztett anyag fajtájára jellemző állandó, a normális feszültségtől független és hatása abban jelentkezik, hogy az anyagszemcsét tömör közegeként összetartja.

Egyes anyagok (pl. nedves vagy agyagos homok, őrlött sálak, bauxit stb.) nehezen ömlesztethetők és összeálló, tapadó tulajdonságúak. Huzamos állás után annyira összetapadnak, hogy halomba rakott anyag elszállításakor a visszamaradó rész függőleges falat vagy visszahajló boltozatot is képes alkotni. Balesetveszélyessége miatt az ilyen anyagok szállítása nagy elővigyázatosságot igényel.

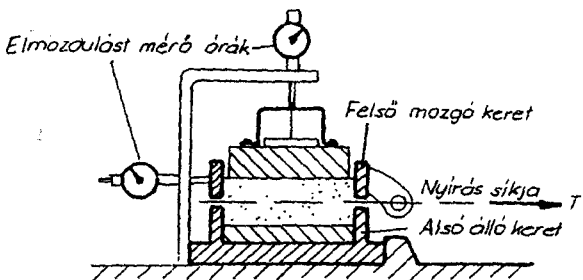
Ha a kohézió zérus a nyírószilárdság csak a belső súrlódásból származik. Az ilyen anyagok (pl. száraz homok, kavics, osztályozott szén) jól ömlesztethetők, nem tapadnak össze, halomba rakva a belső súrlódásra jellemző szöggel rézsút alkotnak.

Egyes különleges anyagoknál (pl. nedves anyag és bentonit stb.) elhanyagolható belső súrlódás mellett igen nagy a kohézió.

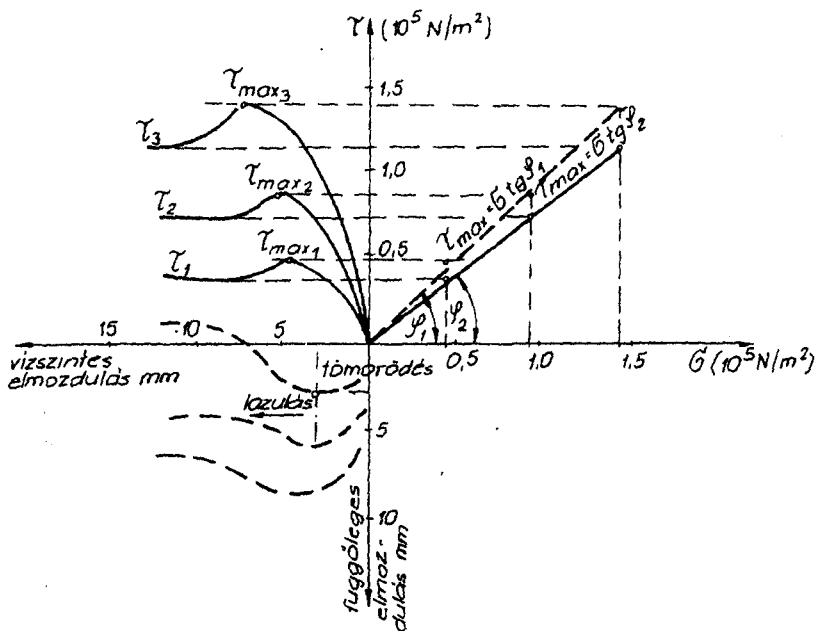
Az ilyen anyagok szállítás és rakodás szempontjából nagyon kellemetlenek, mert az anyagmozgató gépekre és a tároló tartályok falaira feltapadnak és így az anyagmozgató

létesítmények csak állandó ellenőrzés és tisztogatás mellett üzemeltethetők.

Az ömlesztett anyag nyírószilárdságát legegyszerűbben nyírókísérlettel lehet meghatározni. A kísérleti nyíródoboz (13. ábra) egy alsó állókeretből és az azon vízszintes irányban elmozdítható felső keretből áll.



13. ábra
Az ömlesztett anyagok nyíróvizsgálatára alkalmazott készülék vázlata



14. ábra
A nyírókísérlet eredményei

Az anyagminta két fésűs fémbetét vagy fogazott szűrőkő közé kerül és felülről N értékű normális nyomóerőt fejtünk ki rá, majd a felső keretre kifejtett vízszintes T erőt mindaddig növeljük, amíg az anyagban csúszólap alakul ki és a két keret egymáshoz képest el nem mozdul. Egyidejűleg a mérőórával a vízszintes és függőleges terhelésre elvégzett kísérlet alakváltozási görbéit a 14. ábra bal oldalán tüntettük fel.

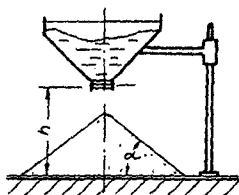
A görbék megadják a minta elnyírásakor ébredő nyírófeszültségeket (τ_{\max}).

Ha pedig a feszültségeket a megfelelő σ feszültségek függvényében felrakjuk, megkapjuk a Coulomb-féle nyírási egyenest (14. ábra jobb oldala), amelyből már leolvasható a súrlódási szög és kohézió értéke. Az ábra feltünteti a függőleges elmozdulások változását, valamint a folyamatos alakváltozáshoz tartozó nyírófeszültségek alapján meghatározható Coulomb-féle egyenest is.

A nyíródobozsal végzett kísérletek - a mintában végbe menő bonyolult feszültségeloszlási folyamatok, torzulások és a mérési felület változása miatt - csak közelítő értéket adnak.

Az ömlesztett anyag belső súrlódási szöge (ψ) és belső súrlódási tényezője ($\mu = \operatorname{tg} \alpha$) közvetlenül nem érzékelhető, ill. mérhető, mivel gyakorlatilag az anyag kohéziója sohasem zérus.

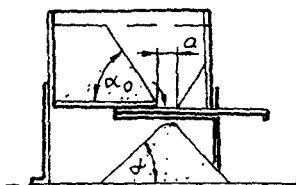
Jól ömleszthető anyagokra (pl. száraz homok) azonban jó közelítéssel a belső súrlódási szög a természetes rézsűszöggel (α) vehető azonosnak (15. ábra).



15. ábra
A természetes rézsűszög meghatározási módja ömlesztéssel

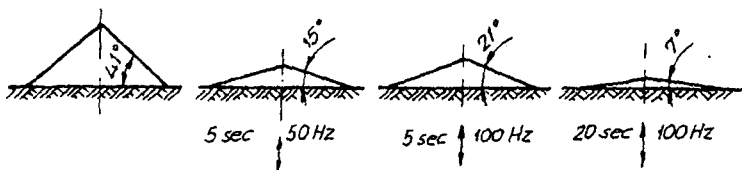
Természetes rézsűszögnek a szabadon ömlesztett szemcsés anyag szabad felületének a vízszintes síkkal bezárt legnagyobb hajlásszögét értjük. Meghatározása ömlesztéssel vagy omlasztással történhet, kis kohéziójú anyagoknál a két érték

közel azonos, nagyobb kohéziójú anyagféleségeknél azonban az omlasztással meghatározott rézsűszög (α_0) mindig nagyobb (16. ábra).



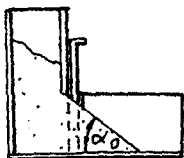
16. ábra
A rézsűszög ömlesztett és omlasztott értéke

Az ömlesztett anyag természetes rézsűjének kialakulásánál nagyjából ugyanazon jelenségek (a szemcsék egymásba kapaszkodása, nedvesség hatása, film kialakulása stb.) játszanak közre, mint a belső súrlódás esetén. Az ömlesztett anyagokat továbbító gépek így pl. a hevederes szállítószalagok szállítókéességének meghatározásánál fontos az anyag természetes rézsűszögének, valamint annak a rázás, vibrálás mellett való megváltozásának pontos ismerete, mert a szállítás közbeni rézsűszögcsökkenés az anyag leszóródását eredményezheti. A 17. ábrán különböző frekvenciájú és időtartamú rázás utáni rézsűszögcsökkenések vannak feltüntetve.



17. ábra
A rézsűszög változása rázás során

A 15. ábra az ömlesztett anyag rézsűszögének ömlesztéssel, a 18. ábra pedig omlasztással való meghatározására szolgáló eszköz vázlatát mutatja.



18. ábra
Az ömlesztett rézsűszög értékének meghatározása

A 16. sz. ábrán pedig a mindkét jellemző egyidejű meghatározásra alkalmas szerkezet látható.

A különböző anyagokra nyert értékek a szemcsenagyság, nedvességtartalom és egyéb jellemzők miatt bizonyos határok között változnak, jelentős kihatással van a nyert értékre az ejtési magasság, illetve a leomlasztott fal magassága is. Ezért ügyelni kell a méréseknél az azonos feltételek szigorú biztosítására.

3. Darabárúk

A darabárúk csoportjába tartoznak mindazon áruféleségek, amelyek a szállítás, rakodás és tárolás folyamata során egyidejűleg, darabonként kerülnek kezelésre és továbbításra. Ezen közös ismérvükön túlmenően a darabárúk jellemző tulajdonságai - tömegük, kiterjedésük stb. - között jelentős eltérés lehet, mivel ide tartoznak az egyenként szállított kis gépalkatrészekről kezdve a több köbméter befogadóképességű szállítótartályokig, vagy több méter hosszú fűrészelt áruig a legkülönbélebb áruajták. Megjegyzendő, hogy anyagmozgatási szempontból darabárúnak minősülnek az ömlesztett anyagokat, folyadékot vagy apróbb darabárúkat tartalmazó zsákok, - gyűjtőedények és szállítótartályok is, mivel továbbításuk során a darabárúknak megfelelő egyedi kezelést igényelnek. Ezzel szemben az is lehetséges, hogy egyes áruajták, mint pl. a sajtolóban egyszer darabárúként, máskor pedig egyedi kezelés nélkül, ömlesztve, tömegárúként vegyenek részt.

A darabárúk jellemzői:

- alakja, amely az áru fajtájától függően lehet szabályos és alaktartó (pl. láda, kanna, tartály, ballon, doboz, rekesz), vagy szabálytalan, ill. nem alaktartó (pl. zsák, köteg, gépalkatrész, bútor, nyersbortábla stb.),
- kiterjedése (mérete): szabályos alakú árut három dimenzióban mért méreteivel, szabálytalan alakú árut pedig legnagyobb és legkisebb méretével kell meghatározni,
- tömege az áru méreteitől és sűrűségétől függően tág határok között változhat (t-ban vagy kg-ban van megadva),
- felülete; a szállítandó áru felületének minőségét a külső felület vagy a burkolat anyaga, kialakítása, egyenletessége, merevsége és szilárdsága együttesen határozzák meg. Anyaga szerint lehet a felület fém, fa, textil, műanyag, papír- vagy kartonlemez, gumi stb. Az áru kezelése miatt lényeges annak ismerete,

hogy az esetleges felfekvő felületek simák és teherbíróak-e, vonalmenti felfekvés esetén (pl. görgősoron való szállításnál) nem roppannak-e meg, vagy nincsenek-e rajtuk olyan merevítések és bordák elhelyezve, amelyek akár az egyik irányú csúszást vagy gördülést is megakadályozzák.

Egyéb tulajdonságuk: magas hőfok, robbanásveszélyesség, gyúlékonyság, törékenység, rázásérzékenység stb. Itt kell megemlíteni azt is, hogy egyes áruféleségek (pl. kanna, ballon, italos ládák) csak bizonyos meghatározott helyzetben szállíthatók.

4. Az anyagok jelölési rendszere

Vannak olyan törekvések, amelyek azt célozzák, hogy a mozgatásra kerülő anyagok főbb tulajdonságait egységes jelölési rendszer alkalmazásával félreérthetetlenül ki lehessen fejezni.

Anyagmozgatási szempontból vizsgálva az anyagoknak elsősorban a következő hét jellemzőjét szükséges meghatározni: 1. a fizikai állapot, 2. a szemcse, ill. a darab jellemző mérete(i), 3. a szemcse, ill. a darab alakja, 4. az ömlékenység, 5. az anyagmozgatási szempontból jellemző egyéb tulajdonságok, 6. a térfogattömeg, ill. az egység tömege és 7. a hőmérséklet.

A fizikai állapot 5 jellemző kategóriája és azok jelölése az alábbi:

- α) szilárd - ömleszthető,
- β) szilárd - önthető,
- γ) szilárd - darabáru,
- δ) cseppfolyós anyag,
- ε) légnemű anyag.

A jellemző szemcse, ill. darabméret 15 jellemző kategóriája és jelölésük a következő:

A)		< 0,4	mm,
B)	0,4 ...	1	mm,
C)	1.....	3	mm,
D)	3.....	10	mm,
E)	10.....	25	mm,
F)	25.....	50	mm,
G)	50.....	75	mm,
H)	75.....	150	mm,
K)	150.....	300	mm,
L)	300.....	> 500	mm,

M)	500.....	800 mm,
N)	800.....	1200 mm,
O)	1200.....	2500 mm,
P)	2500.....	5000 mm,
R		5000 mm.

Ha egyetlen méretadattal nem jellemezhető egyértelműen a mozgatandó anyag (pl. lemezek esetében), a megfelelő két betűvel jellemezendő. Az ömlesztett és önthető anyagok esetében a mértékadó szemcsenagyságnak az összes anyagmenyiség legalább 60%-át kell kitennie.

A szemcse, ill. a darab alakja szerinti 6 csoport (a folyadékokat és gázokat nem számítva) és annak jelölése a következő:

- I. mindhárom dimenzióban kb. egyforma élhosszak, az élek élesek,
- II. az egyik dimenzióban mért élhossz lényegesen hosszabb, mint a többi, az élek élesek,
- III. az egyik dimenzióban mért élhossz lényegesen rövidebb, mint a többi, az élek élesek,
- IV. mindhárom dimenzióban kb. egyforma élhosszak, az élek nem élesek,
- V. az egyik dimenzióban mért élhossz lényegesen rövidebb, mint a többi, az élek nem élesek, és
- VI. rostos, szálás, bolyhos, összekuszálódott, ill. szabálytalan alakú anyagok.

Az anyagok ömlékenysége szerinti 7 csoport és azok jelölése:

1. levegőben, lebegő folyadékként önthető, ill. folyadékként önthető, ill. folyadék vagy gáz,
2. könnyen ömleszthető, $\alpha < 30^\circ$,
3. ömleszthető; $\alpha = 30 \dots 45^\circ$,
4. nehezen önthető, $\alpha = 45 \dots 60^\circ$,
5. összetapadó $\alpha > 60^\circ$,
6. nem csúszó, boltozatot képező, nem ömleszthető, nehezen szétváló,
7. darabáru.

Az anyagmozgatási szempontból jellemző 15 egyéb tulajdonság, és azok jelölése:

- h) mechanikai hatásokra érzékeny,
- k) hőmérsékletre érzékeny,
- i) vegyszerekre érzékeny,
- m) fényérzékeny,
- n) összeálló,
- o) abrazív (csiszoló) hatású,
- p) korrozív,

- q) törékeny,
- r) robbanékony,
- s) gyúlékony,
- t) porképző,
- u) nedves,
- v) ragadós,
- w) higroszkopikus,
- x) bűzös.

A térfogattömeg (ömlesztett anyag esetében) (t/m^3), ill. a sűrűség (folyadékok és gázok esetében) tényleges számértékekkel tüntetendő fel. Az egységtömeg (darabáru esetében) 9 kategóriája és annak jelölése:

1.		< 20 kg,
2.	20.....	100 kg,
3.	200.....	600 kg,
4.	600.....	1000 kg,
5.	1000.....	1500 kg,
6.	1500.....	2000 kg,
7.	2000.....	3000 kg,
8.	3000.....	5000 kg,
9.		> 5000 kg.

Az anyag hőmérséklete - pozitív, ill. negatív előjele - ugyanacsak a tényleges számértékkel tüntetendő fel.

A fentiek a következő példákkal szemléltethetők:

- betonkavics: $\alpha D IV 3 0 1,5 + 2,93$,
- konzerves üvegeket tartalmazó oldalas rakodólap:
 $\gamma N I 7q4 + 293$
- folyadékként szállított nyersolaj: $\sigma A 1 s 0,9 + 288$.

Az anyagmozgatási rendszerek számítógépes tervezéséhez a fenti betű-szám jeles információ nem alkalmazható, célszerű ezt kódszámjeles formára átalakítani.

A kódszám első helyiértékét az öt fizikai állapotnak megfelelő 1...5 számérték foglalja el. A következő négy helyiérték a jellemző szemcse-, ill. darabméretek kifejezésére tartandó fenn, 10...25 kódszámokkal (ha az anyag egyetlen méretadattal jellemezhető, a többi helyiértéken 0 szerepel). Az alak, ill. az ömlékenység a 6. és 7. helyiértéken szereplő 1...6, ill. 1...7 egyjegyű számokkal fejezhető ki. A 8. és 9. helyiértéken az anyagmozgatási szempontból jellemző egyéb tulajdonságok tüntethetők fel, 10...24 kódszámokkal (ha az adott anyag szempontjából ilyen megkülönböztetés nem szükséges, e helyekre is 0 kerül.) A 10. helyiértékre, a darabáruk tömegkategóriáinak megfelelően az 1...9 kódszámok kerülnek. Ömlesztett anyagok esetében itt lehet feltüntetni a térfogattömeg adatok egészszám-értékeit, a 11. helyiértéken darabáruk esetében 0, ömlesztett

Az anyagok egységes kódrendszere

Jellemző	Fizikai állapot	Szemcse-ill. darab-méret (mm)	Szemcse-ill. darab-alak	Ömlékenység	Egyéb jell. tulajdons.	Fajl. tömeg, ill. tömeg (t/m ³ , ill. kg)	Hőmérséklet (°C)
Kódszám	1...5	10...25	1...6	1...7	10...24	0,1...9,9 vagy 1...9, 0	+ (1) - 50 °C-tól - (2) + 999 °C-ig
Helyiérték	1	2 3 4 5	6	7	8 9	10 11	12 13 14 15

anyagok esetében a térfogattömeg tizedes értékei szerepelnek. A 12. helyiértékre a +, ill. - előjelet helyettesítő 1, ill. 2, és a 13...15. helyiértékre pedig a hőmérséklet tényleges értéke kerül.

Az anyagra jellemző kódszámok helyiértéki beosztását összefoglalóan a 2. táblázat tünteti fel.

5. Veszélyes anyagok

A veszélyes áruk részletes tárgyalására két nemzetközi szállítási szabályzatot veszünk alapul, mivel jelenleg csak ezek az egyetlen olyan összefoglaló és részletes előírások és ajánlások, amelyek valamennyi veszélyt okozó árukra részletesen kitérnek. Természetesen az egyes veszélyfajtákhoz sokszor több intézmény, ill. szervezet előírásai is érvényesek (pl. a tűzveszélyesség meghatározására BM rendelet van érvényben, valamint az Állami Biztosító a biztosítási díjak kiszabására tűzveszélyességi osztályokat alapított meg), azonban a gyakorlati élet legtöbb területén az egyszerű kezelhetőségük miatt - az említett szállítási szabályzatokat használják. Legnagyobb előnyük az, hogy nem elméleti (fizikai, kémiai stb.) veszélyességi kategóriákat állítanak fel, hanem tételelesen felsorolják az egyes veszélyes árukat, és meghatározzák a szükséges kezelési, csomagolási ellenőrzési módokat is. A veszélyes áruk nemzetközi szállítására kiadott szabályzatok:

- a) a vasúti közlekedés esetén "A veszélyes áruk vasúti fuvarozására vonatkozó nemzetközi szabályzat (RID)", illetve a "Különleges feltételek a veszélyes áruk fuvarozására a nemzetközi vasúti forgalomban (az SZMGSZ 4. melléklete)", valamint
- b) a közúti közlekedés esetén a "Szabályzat veszélyes áruk nemzetközi közúti szállítására (ADR)".

A szabályzatok érvényességének tárgyalása nem feladata a tantárgynak, azonban a tartalmi rész ismertetése a szállítási feltételeken túlmenően, az árukezelésre, tárolásra és rakodásra is hasznos útmutatóul szolgál.

A RID és az ADR felépítése azonos, csak a szállító járművekre vonatkozó megállapításokban tér el egymástól.

Az ADR, és a RID a veszélyes árukat kizárólagos osztályokba és szabad osztályokba sorolja be. A kizárólagos (1a, 1b, 1c, 2, 4.2, 4.3, 5.2, 6.2 és 7) osztályok címfogalomkörébe tartozó veszélyes áruk közül azok, amelyek ezekre az osztályokra vonatkozó rendelkezésekben fel vannak so-

rolva, csak a rendelkezésekben megállapított feltételek mellett szállíthatók és az egyéb áruk a szállításból ki vannak zárva. A szabad osztályok (3, 4.1, 5.1, 6.1 és 8) címfogalomkörébe tartozó egyes veszélyes áruk a különböző osztályok rendelkezéseibe felvett megjegyzések értelmében ki vannak zárva szállításból. A szabad osztályokba tartozó egyéb áruk közül azok, amelyeket ezekre az osztályokra vonatkozó rendelkezések említenek, vagy meghatároznak, csak ezekben a rendelkezésekben megállapított feltételek mellett szállíthatók, az osztályokban nem említett vagy meg nem határozott árukat e megállapodás értelmében nem kell veszélyes árunak tekinteni és ezek különleges feltételek nélkül szállíthatók.

Az ADR és a RID osztályai a következők:

- 1/a osztály: Robbanóanyagok és -tárgyak kizárólagos oszt.
- 1/b osztály: Robbanóanyagokkal töltött tárgyak kizárólagos osztály
- 1/c osztály: Gyűjtőszerek, tűzijátékszerek és hasonló áruk...kizárólagos oszt.
- 2. osztály: Sűrített cseppfolyósított vagy nyomás alatt oldott gázok kizárólagos oszt.
- 3. osztály: Gyúlékony folyadékok ...szabad osztály
- 4.1. osztály: Gyúlékony szilárd anyagok szabad osztály
- 4.2. osztály: Öngyúló anyagok ...kizárólagos osztály
- 4.3. osztály: Vízrel való érintkezés folytán gyúlékony gázokat fejlesztő anyagok...kizárólagos osztály
- 5.1. osztály: Gyűjtőhatású anyagok...szabad osztály
- 5.2. osztály: Szerves peroxidok...kizárólagos osztály
- 6.1. osztály: Mérgező anyagok...szabad osztály
- 6.2. osztály: Undort keltő vagy fertőzés okozására alkalmas anyagokkizárólagos osztály
- 7. osztály: Radioaktív anyagok...kizárólagos osztály
- 8. osztály: Maró anyagok.....szabad osztály

A veszélyes árukra vonatkozó fontosabb előírások:

1. Az ADR és a RID által előírt csomagolásokon felül kiegészítő külső csomagolásokat is lehet alkalmazni, feltéve, hogy azok a különböző csomagolásra előírt rendelkezések szellemével nem ellentétesek.

2. Ha különböző osztályokra vonatkozó különleges szabályok fejezetének előírásai értelmében több veszélyes anyagnak egymással vagy más árukkal való együvé csomagolása megengedett, a különböző veszélyes anyagokat tartalmazó belső csomagokat egymástól gondosan és biztonságosan elválasztva kell a gyűjtőcsomagolásba helyezni, amennyiben a belső csomagolás megsérülése vagy összetörése következtében veszedelmes reakciók, mint például veszélyes felmelegedés vagy égés, léphetnek fel dörzsölésre, vagy ütésre érzékeny

keverékek keletkezhetnek, vagy gyúlékony vagy mérgező gázok fejlődhetnek. Különösen fontos a veszedelmes keveredés elhárítása, ha törékeny tartályokat használnak és főleg ha ezek a tartályok folyadékot tartalmaznak és ebből a célból minden szükséges intézkedést meg kell tenni, mint, pl. elegendő mennyiségű, alkalmas töltőanyagokat kell használni, a tartályokat erős második csomagolásba kell helyezni, a gyűjtőcsomagoló tartályt több rekeszre kell szétválasztani.

3. Az ADR és a RID anyagainak más anyagokkal való keveréseit az ADR és a RID anyagainak kell tekinteni, ha azok megőrzik eredeti veszélyességüket.

III. A mozgatandó anyagokat érő igénybevételek

1. Az árukat érő igénybevételekről általában

Az anyagmozgatás, a szállítás és a tárolás során az árukat különféle olyan behatások érik, amelyek bennük minőségi változásokat, veszteségeket idéznek elő. Ezen behatásokat jellegük szerint három nagy csoportba sorolhatjuk, mégpedig fizikai, kémiai és biológiai eredetűekre.

Az áruk változásait kiváltó tényezők az árukra az előállításától a felhasználásig terjedő úton hatnak. E tényezők az árukat 1. állandóan, vagy 2. időszakosan, illetve a) kívülről (exogén tényezők), vagy b) belülről (endogén tényezők) veszélyeztetik.

Az állandóan ható tényezők (pl. hőmérséklet és légnedvesség) az áruk útjának minden szakaszában megfigyelhetők. Az időszakosan ható tényezők a másodperc töredékétől (pl. egy csomag leejtése a rakodási művelet során) több napig (pl. a nagyvasúti szállítás során fellépő rázkódások) vagy több hónapig (pl. a raktározott árukra ható halmaznyomás) terjedő idő alatt fejtik ki az árukra.

Az exogén tényezők kívülről hatnak az árukra vagy a csomagolásra, pl. a halmazolt árukra ható nyomás, szilárd alapra való felütközés, más szilárd testhez való ütközés, továbbá hó- és nedvesség hatás formájában. Az exogén tényezők elleni védekezést a legtöbb esetben a jó csomagolás biztosítja.

Az endogén tényezők az áru vagy a csomagolás belsejében hatnak. A károsodás bekövetkeztét többnyire az áru kicsomagolása után lehet csak megállapítani. Fellépésük sokszor össze van kapcsolva exogén tényezők, pl. a szállítás során fellépő mechanikai igénybevételek (tömegterhelés hatása, önrezgések keltése rezgésre érzékeny árukban) vagy a hőmérséklet (pl. kondenzvíz képződése a csomagolásban erős lehűlés esetén, élelmiszerek romlása a hőmérséklet emelkedése esetén) hatásaival. Az árukat az endogén tényezők káros hatásaitól többek között a csomagolás célszerű kialakításával, megfelelő párnázóanyagok alkalmazásával, konstrukciós változtatásokkal stb. lehet megóvni.

A zárttéri raktározás során fellépő igénybevételeket a legegyszerűbb felismerni. Itt a raktározott árukra ható mechanikai igénybevételek csaknem kizárólag a halmaznyomásra szorítkoznak. Az egyéb mechanikai igénybevételek (pl. leejtés a belső anyagmozgatás során, vagy a halmazok leom-

lása, a halmazolást végző gépek által előidézett csekély mérvű rázkódások) viszonylag ritkábbak.

A raktártérben fellépő klimatikus hatások viszont - szemben a mechanikai igénybevételekkel - nagyon sokfélék lehetnek. A raktárban elhelyezett árukra többek között a következők hathatnak:

- túl magas vagy túl alacsony hőmérséklet,
- túl nagy vagy túl kicsi relatív légnedvesség,
- káros sugárzás,
- gázhalmazállapotú légszennyeződések,
- a levegőben található szilárd részecskék (pl. por- és mikróbatartalom),
- a levegő cseppfolyós alkotóelemei,
- túl nagy vagy túl kicsi légnyomás.

A raktározási és a szállítási körülmények összehasonlítása többnyire azt mutatja, hogy a szállítás során fellépő klimatikus igénybevételek nagyobbak, mint a raktárterekben általában fellépőek. Kivételt ez alól a hűtött és a klimatizált szállítójárművek képeznek. A szállításkor még járulékos tényezők is hatnak az árukra. Az igénybevételek fajtái és sajátosságaik főként a szállítás módjától, s mindenkor környezeti atmoszferikus körülményeitől, a közlekedési körülményektől és más tényezőktől függenek.

A vízi szállításhoz a legnagyobb igénybevételeket a halmaznyomás és a klimatikus hatások jelentik. Viszonylag kisebbek a veszélyek a belvízi hajózás esetében. A vízi áruszállítás az olyan területeken, ahol a folyók hosszabb távolságokon hajózhatók, 200-1250 t befogadóképességű szállítójárművekkel történik.

A belvízi hajózás hátrányát egyrészt a vasúti szállításhoz képest hosszabb időtartama, másrészt az idegen árukból származó hatások (pl. kellemetlen szagok) jelentik. Előnye, elsősorban gazdaságossága.

A tengeri szállítás okozta igénybevételek főként a szállítójármű fajtájától és típusától, az útvonaltól és az évszaktól függenek. A tengeri hajózásnál általában nagyobb hajókat használnak és a rakomány is nagyobb mechanikai igénybevételeknek van kitéve, ezért az árukárok veszélye is nagyobb, mint a belvízi hajózásnál. A padlózat elhelyezkedő rakományegység statikus terhelése a 16,0 kPa-t is elérheti. Ilyen nagy nyomásokkal főként a nagyobb teherhajók alsó fedélzetén kell számolni. 3,5-5,4 m-es halmazolási magasság esetében egy, a padlózatán elhelyezett 0,50 m magas csomag halmaznyomása

- 600 kg/m³ átlagos térfogattömegnél: 15,0-29,4 kPa,
- 1000 kg/m³ átlagos térfogattömegnél: 25,0-49,0 kPa.

A hajó bukdácsolása, forgása vagy himbálózása esetén a rakomány részei elmozdulhatnak. Rosszul elhelyezett csomagok lebillenhetnek vagy egymásra eshetnek. A hajó 20-30°-os oldalra dőlése nagy nyomási és lökési igénybevételekhez vezet.

A tengeri hajók nagyobb rakodóterei (darabáruknál 150-5000 m³) a különböző, esetleg egymást veszélyeztető áruk összerakása folytán is nagyobb veszélyt jelentenek.

A parti hajózásnál használatos teherszállító hajók többnyire ugyanabban a klímazónában maradnak, a tengeri hajózásnál viszont más klímazónák átszelésével, illetve ilyenbe érkezéssel is számolni kell. Ilyenkor főként a magas hőmérsékletek és a nagy légnedvesség, továbbá a kondenzvíz jelent különös veszélyt. A tengervíz és a közvetlen napsugárzás is okozhat károkat, elsősorban a fedélzeti rakományok esetében.

A légi szállítás főleg a közepes és nagy távolságokra irányuló sürgős szállítmányokhoz alkalmas. A szállított áruk mechanikai igénybevétele itt általában kisebb, mint a vasúti- vagy a vízi szállításnál (kisebb a halmaznyomás, rázkódások és lökések rendszerint csupán kedvezőtlen légköri viszonyok és a leszállás esetében fordulnak elő). A légi szállítás ezért a különös értékes készülékek stb. szempontjából is számításba jön. Az árudarabok mérete célszerűen nem nagyobb 0,4 m x 0,6 m x 0,80 m-nél és a tömege 100 kg-nál. Az áruk sajátos igénybevételét jelenti a gyors hőmérséklet- és légnedvesség-változás (más klímazónákban történő szállításakor, továbbá az árudarab erős lehülése folytán, nagyobb magasságú, tartós, közbelső leszállás nélküli repüléskor), légcsavaros repülőgépeknél a viszonylag nagy frekvenciás rezgés, valamint a repülési magasság növelésével törvénytzerűen együttjáró légnyomáscsökkenés.

Az árukárok nagy része nem közvetlenül a szállítás, hanem a rakodás során következik be. Az áruk mechanikai és klimatikus igénybevételei gyakran a legnagyobb értékeiket érik el a rakodáskor (magas vagy alacsony hőmérsékletek, eső, szél és más hatások). A rakodási mód szerint a) kézi, b) félig gépesített (pl. kézi táplálású szállítószalag) és c) teljesen gépesített rakodást (pl. kocsibuktató, markolós daru) lehet megkülönböztetni.

A kézi és a félig gépesített rakodás esetében a csomagok rángatása, vonszolása, tolása, valamint nyomása, lökése, görgetése és lezuhanása idézhet elő károkat. A teljesen gépesített rakodásnál további károkat okozhat a csomagok lengése a daru függesztőkötelein, a hozzáütköztetés más csomagokhoz vagy a falakhoz, továbbá a függesztőkötelek bevágódása, vagy a ládák és a dobozok összenyomódása a függesztőhálóban.

Az egyes közlekedési ágazatok területén fellépő különböző igénybevételek nagyságrendje - összességében - az alábbi összehasonlító mutatókkal jelezhető ki:

közúti szállítás	1,0
légi szállítás	0,8
vasúti szállítás	1,5
belvízi hajózás	2,5
tengeri hajózás	5,3

Az áruk útjának különböző szakaszaiban állandóan vagy időszakosan ható exogén és endogén tényezők az árukban fizikai, kémiai és biológiai változásokat idéznek elő. A fizikai és a kémiai, valamint a fizikai és a biológiai változások sokszor egymás mellett következnek be és egymást kölcsönösen befolyásolják. Például a sugárzás hatására számos termékben egyidejűleg fizikai és kémiai változások indulnak meg. Ez többek között oly módon történik, hogy

- az elnyelt sugarak hővé alakulnak át (a sugárzás hőhatása),
- egy részük kémiai folyamatokra használdik fel (a sugárzás fotokémiai hatása),
- a sugárzás egy része a felületen reflektáldik.

Mechanikai igénybevételek után mind fizikai és biológiai változások (a sérülések mikrobiológiai hatások kiindulási pontjai), mind pedig fizikai és kémiai változások lehetségesek (nem elasztikus testekre kifejtt lökés esetén az energia egy része alakváltozási munkává, további részei többek között hanggá és hővé alakulnak; a hőfejlődés magával hozza a kémiai változások veszélyét).

A változások törvényszerűségeinek közelebbi megismerhetőségéhez a fizikai, kémiai és biológiai változásokat célszerű egymástól függetlenül megvizsgálni.

Fizikai változások a legtöbb kereskedelmi forgalomba kerülő termékben előidézhethetnek károkat, de főképpen az élelmiszer- és iparcikk-kereskedelemben jelentenek komoly veszteségforrásokat.

Az áruk értékének csökkenéséhez és tönkremeneteléhez vezető fizikai változásokat elsősorban 1. a mechanikai igénybevételek és 2. a hőmérséklet- és nedvesség hatások okoznak. Szempontunkból főként az előbbieket érdemelnek figyelmet.

A mechanikai igénybevételek okozta károk, ill. törések a leggyakrabban előforduló károk közé tartoznak. Ilyenek mind a csomagolóeszközökben (láda, zsák, doboz, palack stb.) mind a becsomagolt árukban bekövetkezhetnek.

Az iparcikk-kereskedelemben különösen gyakran jelentkeznek mechanikai igénybevételek okozta károk, ill. törések az üvegáruknál és kerámiai termékeknél, egyes faáruknál (főként bútorknál), a műanyag cikkeknél, a fémáruknál és a műszaki áruknál.

A vegyi és háztartás-vegyi termékeknél is a veszteségek nagy részét üvegtörés idézi elő.

Az élelmiszerek forgalmában is a törés (pl. üvegből készült csomagolóeszközök törése) a gyakori - sőt az élelmi-szer-nagykereskedelemben a leggyakoribb - károkozó. Az üveg-törés és az egyéb csomagolóeszközökben bekövetkezett károsodások mellett nem ritka a gyümölcs- és zöldségfélék, a tésztafélék és édességipari termékek mechanikai igénybevételek okozta károsodása sem.

Minthogy a mechanikai igénybevételek okozta károsodások számos további kárt válthatnak ki, a legfontosabb exogén tényezők közé tartoznak. A kerámiai termékeket, az üvegből készült csomagolóeszközöket, továbbá a műszaki áruk egy részét (pl. öntvények, szerszámgépek és más lemezburkolati gépek) az exogén tényezők hatása ellen védeni kell. Viszont pl. a galvanométereket és más mérőműszereket (főként az elektronikus műszereket), az órákat és egyéb lengésre érzékeny árukat az endogén tényezők szempontjából is meg kell óvni.

Az endogén tényezők okozta károk elleni védelem a termék-előállító üzemekben a veszélyeztetett termékek kiszállítás előtti gondos vizsgálatát igényli, főleg a gyorsuló mozgások és a rázás szempontjából.

Gyorsuló mozgásoknál a fellépő tömegerők károkat eredményezhetnek, főleg nagyobb sebességnövelésnél és erős fékezésnél. A gyorsulás, amelyet valamely terméknek el kell viselnie, a többszörösét teheti ki a nehézségi gyorsulásnak.

Lökés következtében a termék összes lengésérzékeny része lengésbe jön, melynek frekvenciája az önfrekvenciának, annak többszörösének, vagy valamely más frekvenciának felelhet meg. Az önfrekvenciának megfelelő nagyságú periodikus lengések - például a jármű ismétlődő lökései révén - rezonancia által előidézett súlyos károkat okozhatnak.

A leggyakoribb mechanikai igénybevételeket

1. a halmaznyomás,
2. az egyedi lökések és
3. a rázkódások okozzák.

Halmaznyomás alatt - mint láttuk - az a statikai igénybevétel értendő, amelyet az adott csomagon elhelyezett más csomagok nyomása idéz elő. A nyomás a csomagolások összenyomódásához az igénybe vett felületek behajlásához, végül a csomagolóeszköz töréséhez és a becsomagolt áru sérüléséhez, ill. tönkremeneteléhez vezet.

Az egyedi lökések a testek mozgási állapotának hirtelen változásai. Szemben a szabadeséssel, ahol a testek sebességváltozása egyenletes (egyenletes gyorsulás), a lökések-nél a gyorsulás változó. Az egyedi lökések egyszer vagy nagyobb időközökben hatnak a csomagokra, pl. a halmazok leomlásakor, a rakodásakor bekövetkező dobáskor, a falakhoz ütköztetéskor (szállítójármű falához ütközés erős fékezés-kor).

Az egyedi lökésekhez tartozik a csomagok hegyes, éles vagy más alakúra kiképzett kemény tárgyakhoz ütköztetésekor fellépő mechanikai igénybevétel is.

A rázkódások változó igénybevételek. "Rázkódások" kifejezés alatt a kisebb erők okozta olyan lökéseket értik, amelyek nagy gyakorisággal következnek be. A rázkódásokat a szállítójárművek és az anyagmozgató gépek adják át a csomagoknak.

Az áru beszenneveződése gyakran következménye a szállítás és raktározás alatti mechanikai igénybevételeknek. Élelmiszer, gyógyszerek, finom vegyszerek és ruházati cikkek esetében a beszenneveződés is nagy veszteségforrás lehet. A beszennevezett élelmiszerek alkalmatlanok a fogyasztásra, a tisztátalanná vált gyógyszereket és finom vegyszereket sem lehet használni, a bepiszkolódott ruházati cikkeket tisztítani kell.

A hőhatás okozta fizikai változások közül a hőmérséklet növekedések előálló térfogatnövekedést kell elsősorban említeni. Főként olyan termékeknél okozhat problémákat, amelyek törésre érzékeny burkolatban helyezkednek el, ha nyáron, szállítás közben vagy a tárolótérben magas hőmérsékletnek vannak kitéve. Veszélyesek ebből a szempontból a folyadékok, amelyek az üvegből készült edényzet falára, annak szétfeszítését előidéző nyomást fejtenek ki.

Az ilyen káresetek veszélye ugyanazon csomagolóeszköz esetében annál nagyobb, minél nagyobb a benne elhelyezett anyag hőtágulási együtthatója.

A hőtágulás okozta károk elkerülésére pl. a vasúti tártálykocsikat csak annyira szabad folyékony anyagokkal megtölteni, hogy a hő okozta térfogatnövekedés által előidézett káros feszültségek elkerülhetők legyenek.

A hőmérséklet csökkenésekor is következhetnek be káros fizikai változások. Mindenekelőtt a víztartalmú áruknál jelentkező szétfagyás jelenségét kell említeni. Ismeretes, hogy a víz térfogata, a megfagyáskor kb. 9%-kal megnövekszik, ami nagy nyomásokat eredményezhet. Különösen veszélyeztetettek ebből a szempontból egyes élelmiszerek (ásványvíz, gyümölcslevek, gyümölcs- és főzelékkonzervek, sör, bor, tej, tojás stb.), és vegyi készítmények (desztillált víz, savak, mosószeroldatok, víztartalmú tisztítószerek stb.), továbbá gyógyszerek (fiziológiai sóoldatok víztartalmú toroköblítő szerek stb.). A víztartalmú festékanyagoknál a megfagyás egyéb káros következményekkel is jár.

A légnedvesség változása is okozhat károkat. Különösen érintettek ebből a szempontból az egyes vegyi anyagok (pl. konyhasó), de más anyagokból (pl. fa, papír, textiliák) készült áruknál, valamint egy sor élelmiszernél is jelentkezhetnek veszteségek. Az ilyen ún. higroszkopikus anyagoknál az átnedvesedés mértéke meghatározott viszonyban áll a levegő relatív nedvességtartalmával.

Az áruk nedvességtartalmának változásaira a méretek a külső megjelenés, a vegyi összetétel és más fontos árusajátosságok egyidejű változásai is jellemzőek, sőt egyes higroszkopikus anyagoknál a nedvességtartalom változása szilárdsági változásokat is előidézik. Ennek folytán a csomagolóeszközök esetleg nem felelnek meg a szállítás során fellépő mechanikai igénybevételnek.

A nagy relatív légnedvesség okozta fizikai változásokra az elektronikus készülékek különösen érzékenyek.

A kémiai változások során az eredeti tulajdonságoktól eltérő tulajdonságokkal bíró anyagok keletkeznek. A nem kívánatos anyagátalakulások a termékek értékének csökkenéséhez vagy használhatatlanná válásához vezetnek. A kémiai változások kiváltéppen az élelmiszeripar és a vegyipar termékeiben okoznak számottevő veszteségeket, de gyakran más iparágak termékei is használhatatlanná válnak ilyen változások következtében. A kémiai változások egy része fizikai folyamatokkal van szoros kapcsolatban, minthogy bizonyos kémiai jelenségek csak valamely fizikai változáshoz kapcsolódva következnek be.

A kereskedelmi forgalomba kerülő termékek jelentékeny része olyan anyagokból tevődik össze, amelyek hajlamosak vegyi átalakulásokra. Gyakran csupán csekély külső behatás szükséges a kémiai változás kiváltásához. A mechanikai igénybevételek során keletkező hő, továbbá az egyéb hőhatások és a sugárzás kiválthat ilyen változásokhoz vezető folyamatokat. A légnedvesség, az egyéb atmoszferikus hatások és a termékek szennyezettsége (katalizátorhatás) is előidézhettek kémiai változásokat, illetve meggyorsítják azokat.

A műszaki árukon megfigyelhető leggyakoribb változás a fémből készült szerkezeti elemek korróziója. Különösen nagyok a korróziós károk az acélból készült termékeknél, de sok más fém anyagot is veszélyeztet a korrózió.

A korróziós folyamatok lebonyolódása szerint a korrózióknak különböző fajtáit különböztetik meg. Ezek a legtöbb esetben, de kiváltéppen a szállításnál és a tárolásnál, kémiai és elektrokémiai folyamatokra vezethetők vissza. A korrózió két lépcsőben bonyolódhat le. Pl.:

- a) a fém oxidációja (a levegő oxigénjének hatására), fémoxid képződésével,
- b) elektrokémiai reakció valamely helyi elem képződése folytán a fém (anód) és a fémoxid (katód) között, víz jelenlétében.

A fémfelületek tisztátalanságai kedveznek a korrózióknak, minthogy elősegítik a helyi elemek képződését.

A gyakorlati kísérletek és más tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a korróziósebesség szempontjából legnagyobb jelentősége a levegő vegyileg agresszív alkotóelemeinek van, de a relatív légnedvességnek is fontos szerepe

van. A korróziósebesség természetesen az ipari övezetekben a legnagyobb, ami elsősorban a füstgázokra és más ipari gázokra vezethető vissza. A tengerparti vidékeken tapasztalható ugyancsak intenzív korróziót viszont a tengeri só itt erősen jelentkező hatásának lehet tulajdonítani.

A biológiai változások rendszerint állati kártevők, amelyek főképpen textiliákat, szőrmeárukat vagy faanyagokat veszélyeztetnek. Egyes kártevők hatása erősen korlátozott (pl. a moly hernyói elsősorban a gyapjúszöveteket és a szőrméket támadja meg és csak akkor ártanak a műrostból készült anyagoknak, ha az előbbiekhöz nem tudnak hozzáférni), de a legtöbbjük meglehetősen sokoldalú a táplálékkeresésben.

Az állati kártevők a legtöbb kárt az élelmiszerekben okozzák. Ezek a károk nem csupán a tápanyagvesztésben jelentkeznek, hanem abban is, hogy a fertőzött élelmiszert, mint undorkeltőt, el kell dobni.

Ilyen veszélyek mind a szállításnál, mind a raktározásnál fellépnek. Egyes állati kártevők a legkülönbélebb anyagokat, köztük a csomagolóanyagokat is felfalják, hogy a kiválasztott anyagot lakásuk építéséhez felhasználják.

A tárolt készletek szempontjából nagy veszélyt jelent az, hogy az állati kártevők mikroorganizmusokat is továbbadnak.

A mikroorganizmusok (mikrobák), mint pl. a baktériumok, a gombaféleségek, mikroszkopikus nagyságú élőlények, amelyek számos áruféleségen kedvező fejlődési feltételeket találnak. Főként egyes élelmiszerek (pl. tej, tojás) ideális táptalajai a mikroorganizmusoknak.

A mikroorganizmusok okozta fertőzés gyakori károkozó. Minthogy minden liter levegő a mikroorganizmusok vagy a spórák nagy tömegét tartalmazza, nagyon nagy annak a veszélye, hogy a különféle árukba (élelmiszerek, textiliák, bőr-áruk, nyersanyagok) kerülnek.

Növekedésük és fejlődésük mindig össze van kapcsolva a táptalajuk felhasználásával. Sok anyagnál a mikroorganizmusok anyagcseréje számottevő szilárdságcsökkenést eredményez. Pl. egyes penészgombák a pergamentpapír hidrátcellulóz tartalmát lebontják, aminek folytán a papír szétmállik.

A mikroorganizmusok hatására az anyagokban bekövetkező összes változást a mikrobiológiai korrózió gyűjtőnéven foglalják össze. A mikrobiológiai korrózió pl. a villamos berendezésekben rövidzárlatot is előidézhet.

Az élelmiszerekre a mikrobiológiai változások különösen veszélyesek, mert a mikroorganizmusok élettevékenysége gyakran izomláshoz és mérgező anyagcseretermékek képződéséhez vezet. Akkor is bekövetkezhet mérgezés, ha valamely élelmiszernak a szaga és íze még megfelelőnek tűnik.

A mikroorganizmusok növekedése és fejlődése számottevő mértékben függ a táptalaj hőmérsékletétől és víztartalmától, továbbá tápanyagtartalmától. Az optimális hőmér-

séklet a legtöbb mikroba szempontjából +25...+40 °C között van. Minthogy a víz is fontos növekedést elősegítő tényező, a mikroorganizmusok növekedése mindig attól is függ, hogy az áruban rendelkezésre áll-e bizonyos meghatározott nedvességtartalom. A higroszkopikus áruk víz- gőzfelvételének növekedése ezért a mikrobiológiai fertőzés veszélyét is növeli.

A mikrobiológiai veszteségek elleni legjobb megelőző intézkedések: legnagyobb fokú tisztaság és a termelőhelyiségekben, raktárakban, szállítójárművekben a mikrobákra kedvezőtlen klímafelvételek biztosítása.

Az anyagcsere-folyamatok is idézhetnek elő változásokat, főként a növényi eredetű termékek esetében. A nyers gyümölcs- és zöldségféléknek, a gabonaféléknek és a hővelyeseknek - mint minden más élő szervezetnek - anyagcsereje van. Ez pl. a gyümölcsnél a kellő érettségi fok eléréséig kívánatos, azután a romlási folyamatra kerülendő.

Minden élő szervezetnél szükség van bizonyos mérvű légzési intenzitásra. Minthogy a növényi eredetű termékek légzési intenzitása a hőmérséklet növekedésével fokozódik, a tároló és szállítóterekben megfelelően alacsony hőmérséklettel kell a szükséges eltarthatóságot biztosítani. Viszont a túl alacsony hőmérsékletek jelentősen megzavarhatják a normális anyagcsere-folyamatokat.

2. Az üzemen belüli anyagmozgatás, a rakodás és raktározás igénybevételei

Az üzemen belüli anyagmozgatás, a rakodás és a raktározás során az árudarabokat elsősorban a lökészerű igénybevételek veszélyeztetik. Főként a leejtéssel kapcsolatosan fellépő igénybevételek számottevők. A lehetséges esési magasságokra vonatkozólag meglehetősen különbözőek a vélemények. Zsákok mozgatása esetében pl. általában a rakodó magasságából (120 cm), vagy a válmagasságából + 150 cm), egyéb tárgyak kézi továbbítása esetében a padlózat feletti 60... 80 cm-es magasságból indulnak ki.

Egy svéd teherpályaudvar kézi erővel végzett rakodásainak filmfelvételek alapján végzett elemzése alapján azt állapították meg, hogy a max. 50 kg tömegű árudaraboknál még a legkedvezőtlenebb esetben sem jelentkezett 60 cm-nél nagyobb esési magasság. A tömeg és a méretek növekedésével az esési magasságok csökkentek. A csomagokon elhelyezett "törékeny" feliratú bárca általában nem eredményezett kíméletesebb rakodást. A leejtett árudarabok 50%-a a csomag élére esett és csupán 5%-ban estek a csomagok kifejezetten az egyik sarkukra.

Angol katonai szállítmányok megfigyelése azzal a megállapítással zárult, hogy a mértékadó esési magasság 70 kg tömegű árudarabok esetében 90 cm, a 70-120 kg tömegű árudarabok esetében pedig 68 cm.

Ugyancsak Angliában végzett vizsgálatok azt mutatták ki, hogy a zsákok lapjára való esésnél 2 m-es, a zsákok fekére való esésnél pedig 1 m-es esési magassággal lehet számolni.

Hullámpapírlemez dobozba csomagolt darabárak vasúti szállításakor a legtöbb esetben 60 cm-es, vagy e feletti magasság adódott: 30...45 cm-es esési magasság viszonylag ritkábban fordult elő. Fogantyúval ellátott dobozok esetében a 30 cm feletti esési magasságok száma 33%-kal csökkent.

A rendelkezésre álló adatok általában nem kielégítőek ahhoz, hogy belőlük messzemenő következtetéseket lehessen levonni. A megállapított esési magasságoknál rendszerint nem ismeretesek az ütközési feltételek, nem határozták meg pl. a padlóburkolat anyagát, amelynek plasztikussága, ill. rugalmassága a fellépő igénybevételek mértékét nagymértékben befolyásolja. A szállításra kerülő árukat az előállítótól a felhasználóig terjedő útjuk során érő statikus tárolási igénybevételek jelentősége napjainkban megnövekedett. Ennek oka az, hogy a rakodólapos rendszer bevezetése és egyúttal a gépi anyagmozgatásra való áttérés jelentékenyen megnövelte a tárolási magasságokat és vele a terheléseket. Ezenkívül részben a tárolási idők is megnöttek és a csomagolószerek teherbírása - a hagyományos csomagolószerek (pl. faládák) helyett a kartonlemez és a műanyagok térhódítása folytán - észrevehetően csökkent.

A halmazok alsó rétegében ható statikus terheléseket meglehetősen egyszerű meghatározni akkor, ha a halmaz legalább átmenetileg változatlan marad. A megengedett halmazterhelések, ill. halmazmagasságok esetében a megkívánt állóképesség eldöntése - hosszabb tárolási időtartamokra - mindazonáltal eléggé nehéz feladat, kiváltképpen akkor, ha nagyobb nedvességhatásokkal is számolni kell. Az árudarabok tárolás alatti viselkedésére vonatkozó ismeretek nem kielégítő volta komoly akadályt jelent itt.

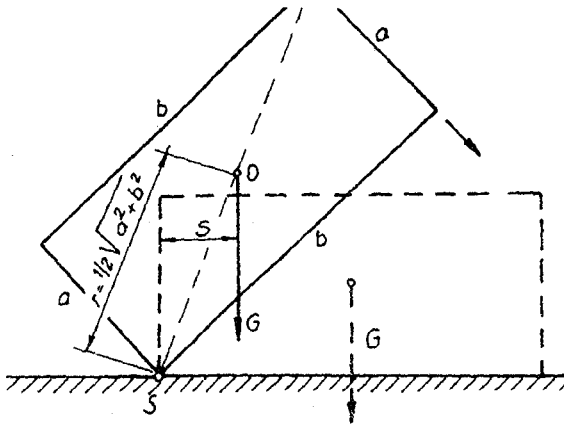
Az előzőekben említett lökési igénybevételek pl. az egyes csomagok leesésekor, vagy a halmazok összedőlésekor jelentkezhetnek, itt viszont olyan igénybevételekről van szó, amelyek az előbbieket okozói lehetnek.

A segédeszközök nélküli kézi anyagmozgatást napjainkban még elég gyakran alkalmazzák, a szállítójárművek kézi rakodásánál, az üzemi és a raktári anyagmozgatásnál. Ez a mozgatott áruknak, különösen nagy igénybevételét jelenti.

A könnyű csomagokat rendszerint dobással továbbítják (pl. amikor a rakodást végző személy az álláshelyétől távolabbra eső pontig terjedő távolságot akarja áthidalni), és ilyenkor sokszor vigyázatlanul leesni hagyják.

A súlyos árudarabokat - ha nem lehet őket fáradság nélkül felemelni, és nem állnak mechanikus segédeszközök sem rendelkezésre, a rakodáskor görgetik, billentik stb.

A görgetés, átbillentés súlyos árudarabok segédeszközök nélküli mozgatásánál elég gyakori. Az egy él körüli átbillentésnél a teher tömegközéppontja az S felfekvési pont fölé kerül (19. ábra), az m tömeg és a növekvő S teherkarból egyenlőtlen forgatónyomaték lép fel, aminek következtében a test jelentékeny sebességgel a padlóhoz ütközik.



19. ábra
Az árudarabok átbillentésének vázlata

Az ütközési energia:

$$W = m \cdot g \left(r - \frac{a}{2} \right)$$

illetve

$$W = \frac{m \cdot g}{2} \cdot (\sqrt{a^2 + b^2} - a).$$

Példa: Hasáb alakú (0,3 x 0,15 x 0,8 m), 90 kg tömegű természetes építőköveket segédeszköz hiányában a rakodásnál acél padlófelületen kell gördíteni. Megállapítandó, hogy nem fognak-e a kövek a görgetésnél eltörni?

A 0,30 m hosszú él körüli görgetésnél fellépő ütközési energia fentiek szerint:

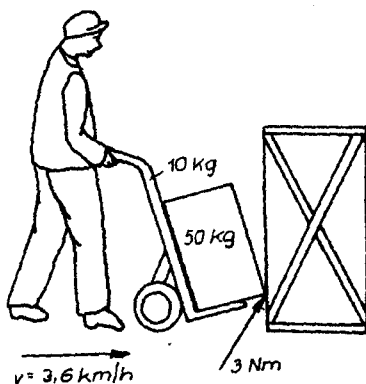
$$W = \frac{90 \cdot 9,81}{2} (\sqrt{0,15^2 + 0,8^2} - 0,15) = 291,3 \text{ (Nm)}.$$

Természetes építőköveknél a fajlagos ütési törőszilárdság $e_B = 6,10^3 \text{ Nm/m}^2$. Ebből a $0,30 \times 0,15 = 0,045 \text{ m}^2$ keresztmetszet töréséhez szükséges energia:

$$W_B = 6.10^3 \cdot 0,045 = 270,0 \text{ Nm.}$$

Mint hogy a görgetésnél fellépő energia ennél nagyobb $W > W_B$ a kő el fog törni.

A kézi anyagmozgató eszközökkel végzett anyagmozgatás ugyancsak gyakori a szállítójárművek rakodásánál az üzemi és a raktári belső anyagmozgatásnál. Az áruk mechanikai igénybevételei ilyenkor nagyobbak is lehetnek, mint az anyagmozgató gépek alkalmazása esetében. Pl. csúszdákon, görgősorokon, korcsolyákon lecsúszó vagy legördülő áruk nem ritkán meglehetősen kevésbé lágyan ütköznek a padlóhoz vagy az ütközőfalhoz. Sokszor az is káros lökési igénybevételekkel járhat együtt, ha az árudarabokat vigyázatlanul helyezik a görgőkre, zsáktargoncára stb. A kézi anyagmozgató eszközök hirtelen elmozdítása is káros lökési igénybevételt eredményezhet. Az ilyenkor fellépő igénybevételek nagyságrendjéről a következő példa ad jellemzést.



20. ábra
Az árudarab zsáktargoncával meglökése esetén fellépő igénybevétel

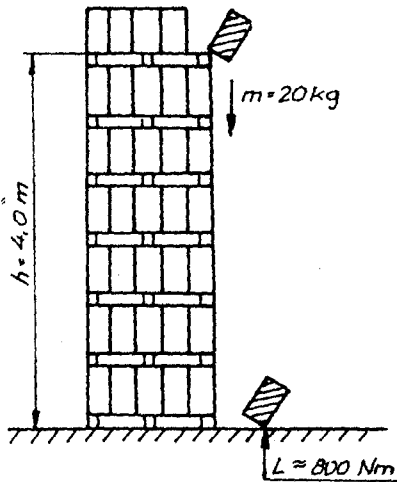
Példa: Valamely árunak szokványos kialakítású zsáktargoncával (20. ábra) történő meglökésekor fellépő mozgató energiája értéke kb. 30 J-ig terjed. Legyen a zsáktargonca tömege 10 kg, a szállított teher tömege 10 kg, a szállított teher tömege 50 kg és a "gyalog" továbbítási sebesség: $v = 1 \text{ m/s}$ (3,6 km/h). A kinetikai energia

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{50+10}{2} \cdot 1^2 \approx 30 \text{ (J)}.$$

Amennyiben ezt a kinetikai energiát alakváltozási munka (12 mm) emésztí fel, az ütközési ponton fellépő átlagos erő:

$$F = \frac{30}{0,012} = 2500 \text{ (N)}.$$

Példa: Határozzuk meg azt a kinetikai energiát, amely egy töltött 20 l-es kanna (tömege: $m = 30 \text{ kg}$) ha = 4 m magasról történő lezuhanásakor keletkezik (21. ábra).



21. ábra
Vázlat az árudarabok leesésének szemléltetésére

Szállítógéppel történő továbbításakor abban az esetben kell tartani az árura ható durvább igénybevételektől, ha a rakományrészek (csomagok) vagy teljes egységcsomagok egymáshoz vagy a szállítógéphez ütköznek, esetleg arról le is esnek. Ugyanilyen igénybevétel következhet be természetesen a külső szállítás járműveinél is, gyors fékezéskor, indításkor, ívekben való mozgáskor, más járművekhez vagy ütközőbakhhoz ütközéskor stb. Az ilyen típusú igénybevételekkel később részletesebben is foglalkozunk.

Egyedi árudarabok leesése, ami pl. a halmazok nem körültekintően végzett összerakása vagy gondatlan rakodás

következtében állhat elő, ugyancsak az áruk kedvezőtlen hatású lökési igénybevételét váltja ki. Az ilyen igénybevételek nagyságrendjét a következő példa jellemzi.

Az esési idő:
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 4}{9,81}} = \sqrt{0,81} = 0,9 \text{ (s)}$$

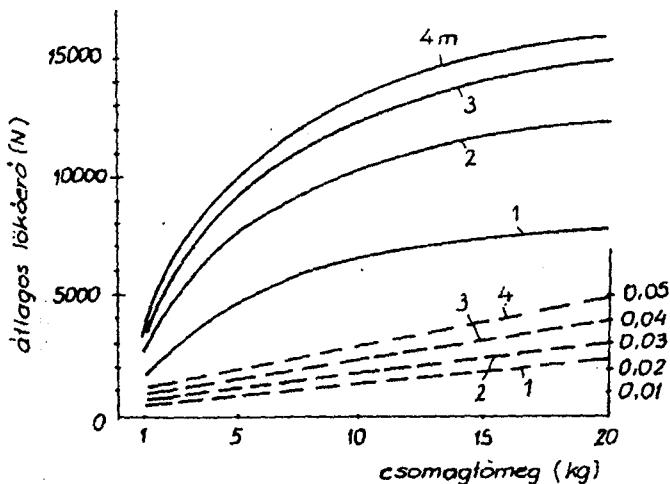
az esési sebesség:
$$v = \frac{2h}{t} = 8,9 \text{ (m/s)},$$

az esési energia:
$$L = \frac{m \cdot v^2}{2} = 1177 \text{ (J)},$$

az átlagos lökőerő:
$$F = \frac{L}{s} = \frac{1188}{0,05} = 23544 \text{ (N)}.$$

A 3. táblázat és a 22. ábra különböző csomagtömegekre (1-20 kg) és különböző esési magasságokra (1-4 m), becsült fékúthosszakra (0,01-0,05 m) a lehetséges átlagos lökések értékét adja meg. Látható, hogy az árudarabok az ügyetlen vagy gondatlan kezelés folytán bekövetkező leeséskor nagyon nagy igénybevételeknek lehetnek kitéve, amelyek csaknem mindig árukárokhoz vezethetnek.

Ezeknek a rakodási műveletekkel közvetlenül vagy közvetve kapcsolatban álló durvább lökéseknek, és főként az ekkor fellépő lökőerőknek a meghatározása alapját képezi egyrészt az elkerülésük érdekében teendő intézkedéseknek,



22. ábra
Az átlagos lökőerő a csomagtömeg és az esési magasság függvényében

Áruk esési igénybevétele az esési magasságok a csomagok
tömege és a fékúthosszak függvényében

Csomag tömege	20 kg	10 kg	5 kg	1 kg
Esési magasság 4 m				
Kin. energia J	800	400	200	40
Fékút (becsült) m	0,050	0,030	0,020	0,012
Atl. lökőerő N	16 000	13 340	10 000	3330
Esési magasság 3 m				
Kin. energia J	600	300	150	30
Fékút (becsült) m	0,041	0,024	0,016	0,0096
Atl. lökőerő N	15 000	12 000	9 370	3120
Esési magasság 2 m				
Kin. energia J	400	200	100	20
Fékút (becsült) m	0,032	0,0192	0,0128	0,0077
Atl. lökőerő N	12 500	10 400	7 810	2600
Esési magasság 1 m				
Kin. energia J	200	100	50	10
Fékút (becsült) m	0,0255	0,0152	0,0102	0,00615
Atl. lökőerő N	7 840	6 580	4 900	1630

másrészt az áruk tekintetében támasztandó követelményeknek. Az igénybevételek nagyságának ismerete lehetőséget nyújt az árudarabok - gyakorlati szempontoknak megfelelő - laboratóriumi lökésvizsgálatára és ezzel a darabárukát a szállítás során ilyen okból veszélyeztető lökésekkel szembeni ellenállóképesség laboratóriumi megítélhetőségére.

A halmazolási igénybevételek problémáját a raktári - anyagmozgatás gépesítése által lehetővé tett - tárolási magasságnövelés hozta előtérbe. Rakodólapos egységtrakományok tárolása esetén a halmazban legalul fekvő sík rakodólap terhelése a halmaz magasságától függően, azonos jellegű rakomány esetében a következő:

$$F = \frac{H}{h} mg = Z \cdot mg \text{ (N)},$$

ahol

- F - a legnagyobb rakodólap-terhelés (N),
- H - a halmaz magassága (m),
- h - a rakodólapos rakomány magassága (m),
- m - a rakodólapos rakomány tömege (kg),
- Z - az egymásra rakott rakományok száma.

A halmazban levő csomagokra jutó max. terhelést a legalsó rakodólapon levő legalsó rétegek csomagjai kapják:

$\rho = 1 \text{ t/m}^3$ térfogattömeget és csupán $H = 4,5 \text{ m}$ halmazmagasságot számítva, a legalsó rakodólapos rakomány alsó egységeire már kb. 30 000 N terhelés jut.

A halmazokba rakott áru igénybevételeinek alakulása az árudarabok csomagolóeszközeinek gyártási-, és anyagi jellemzőitől is függ. A jutából, papírból és műanyagból készült zsákoknál a halmazból való lecsúszás jelent veszélyt. Az olyan merevfallú csomagolóeszközök, mint amilyenek pl. a faládák, a farekeszek, vagy a bádgedélyzetek, a terhelhetőség szempontjából alig vetnek fel problémákat a halmazoláskor. Viszont a vizsgálatok azt mutatják, hogy pl. a rétegelt falemezből készült ládák esetében a terhelés időtartama befolyásolja a halmazok szilárdságát. A halmazolás során keletkező terhelést kevésbé bírják a huzalhálóból készült ládák, továbbá a kombinált fa- és papírlemez csomagolások. A műanyag tartályoknak és kiváltképpen a papírlemez csomagolásoknak a halmaztömege alatt csökken az ellenállása, így növekvő terhelés esetén összeroppanhatnak. Ennek ellenére az utóbbi csomagolási módok, noha szélsőséges raktári igénybevételek esetében nem biztosítják a szükséges merevséget, az egyéb előnyei miatt egyre inkább előtérbe kerülnek.

Azt, hogy a raktározási célokra valamely csomagolóeszköz szilárdsága kielégítő-e, a csomagolás ellenőrzésére szolgáló nyomóprés révén állapítják meg. Az ilyen vizsgálat-

nál a csomagolóeszköz összeroppanásáig tartó rövid időtartamú terhelés nem szolgálhat minden további nélkül a hosszú időtartamú terhelés mértékéül. A tényleges időtartamú terhelésre alapozott vizsgálat viszont a hosszadalmassága miatt a gyakorlatban nem alkalmazható. Az ezzel kapcsolatos kérdések ez idő szerint még nem teljesen tisztázottak; a tapasztalat azt mutatja, hogy a gyakorlatban a raktározási időtartam és a halmazterhelés összefüggéseire nem áll elegendő támpont rendelkezésre.

A hőmérséklet- és nedvességátvitel - klímaberendezés nélküli raktárak esetében - nemcsak a földrajzi klíma helyi ingadozásaitól és az időjárási körülményektől, hanem - elsősorban - a tárolótér mikroklímája és a külső klimatikus viszonyok közötti kiegyenlítődéstől függnnek. Az árukat veszélyezteteti, ha nedves, meleg levegő áramlik a hideg raktárhelyiségbe. Különösen kritikusak a tavaszi hónapok, mert ebben az időszakban a helyiségek még hidegegek, a külső levegő viszont már melegebb és esetleg nedves is.

A nedvességérzékeny áruk klímahatás okozta károsodásával akkor kell számolni, ha a csomagolt áru és az azt körülvevő levegőréteg gyors felmelegedése következtében az áru felett vízgőzkondenzáció keletkezhet. Ha a szállítóedényekben higroszkopikus anyag (pl. párnázóanyag) van, a lecsapódási pont nem állandó, hanem ennek az anyagnak a tulajdonságaitól, nedvességtartalmától függ. Lassú felmelegedés esetében a csomagolt áru és a higroszkopikus anyag (pl. párnázóanyag) van, a lecsapódási pont nem állandó, hanem ennek az anyagnak a tulajdonságaitól, nedvességtartalmától függ. Lassú felmelegedés esetében a csomagolt áru és a higroszkopikus anyag közti hőkülönbség oly mértékben csökkenthető, hogy a lecsapódási hőmérséklet mindig kisebb mint a csomagolt áru hőmérséklete és ezért kondenzáció nem jöhet létre. Minél kisebb a csomagban levő higroszkopikus anyag nedvességtartalma, annál nagyobb hőmérséklet-különbségek engedhetők meg, illetve annál gyorsabb lehet a felmelegedés, anélkül, hogy az árun kondenzáció keletkezne.

Előnyös lehet a vízgőz behatolását gátló külső zárórceteg létesítése is.

A csomagoláson levő szellőztetőnyílások segítségével csak száraz klíma esetében lehet - felmelegedéskor - az árun a lecsapódást megakadályozni.

3. Vasúti szállítás során fellépő igénybevételek

Az áruszállítás célja valamely árut a legkisebb költségfordítással, a legrövidebb idő alatt, károsodás nélkül az egyik helyről a másikra eljuttatni. Az áruszállítással szemben támasztott három legfőbb követelmény: a gazdaságosság, a gyorsaság és a biztonság.

A gazdaságosság és a gyorsaság tekintetében - az áruk sajátosságai szerint - esetleg lehet szó kompromisszumról, viszont a biztonság mindenképpen az áruszállítás alapvető követelménye.

Az áruszállítás során az áruk ennek ellenére igénybevételeknek vannak kitéve, amelyek esetleg árukárokhoz vezethetnek. Ezek azonban a legtöbb esetben elkerülhetők, ha előre ismeretesek a szállítás során várható igénybevételek és velük szemben az áruk - megfelelő csomagolás, célszerűen végzett rakodás vagy speciális szállítási mód révén - védelmet nyernek.

Szállítási igénybevételnek a szállítójármű rakfelülete révén a továbbítandó árura kifejtett hatásokat tekintjük. Ezek általában gyorsulás jellegűek és három komponens irányában: függőlegesen és vízszintesen, kereszt-, illetve hosszirányban mérhetők.

A szállítójármű rakfelületén fellépő gyorsulások jellegét és nagyságrendjét számos tényező befolyásolja. Ezek közül számottevőek:

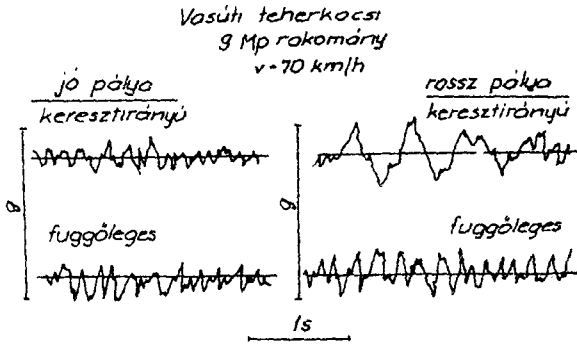
1. a jármű építésmódja,
2. a rakomány tömege,
3. a menetsebesség és
4. a pálya adottságai.

A vasúti szállítás során menet közben a pályából a járműre ható igénybevételek a sebességgel együtt növekednek.

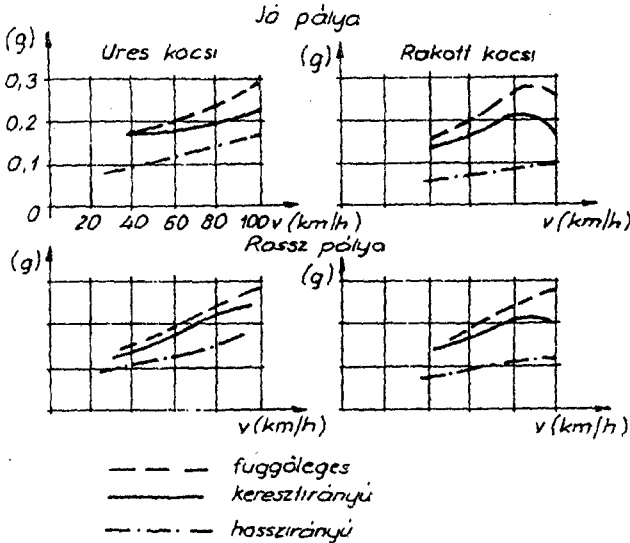
A vasúti felépítmény adottságaiból folyóan a sinek, a váltók és a keresztezések okozta lökési igénybevételek a kocsipadlón függőlegesen irányban jutnak érvényre. Azt, hogy ezáltal vízszintes rezgések milyen mértékben keletkeznek, általános formában nehéz meghatározni. A nagyobb nyomtáv-bővülés járműveknél feltétlenül keresztirányú lengést idéz elő. Az ívekben haladáskor alkalmazott megfelelő túlemelések és az előírt maximális sebességek révén megakadályozható, hogy itt 0,1 g-nál nagyobb gyorsulások jöjjenek létre.

A vasúti kocsikban a kocsipadlón fellépő vízszintes-keresztirányú és függőleges gyorsulásokra vonatkozólag feljegyzett kísérleti, mérési adatok (23. ábra) összesítéséből, figyelembe véve a pályaadottságokat a menetsebességet, és a rakomány tömegét is, arra lehet következtetni, hogy a vasúti szállításnál a menet közben fellépő függőleges, to-

vább a keresztirányú és hosszirányú gyorsulások csúcstérté-
kei (24. ábra) általában nem lépik túl a 0,3 g gyorsulást.



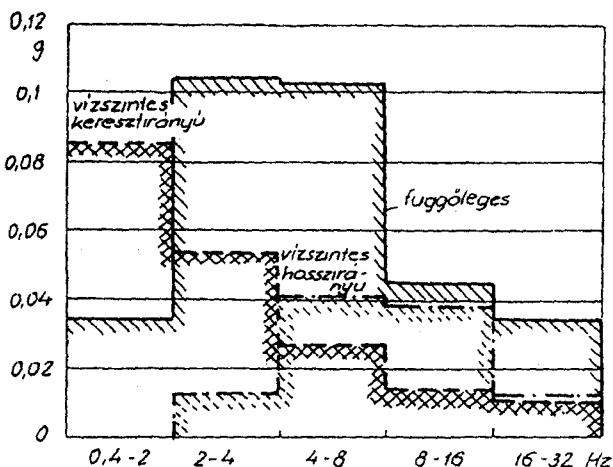
23. ábra
Vasúti teherkocsi rakfelületén mért gyorsulások



24. ábra
Vasúti teherkocsi rakfelületén mért gyorsulások
alakulása

Az üres vasúti kocsiknál 100 km/h sebesség felett a függőleges irányú rázkódások még növekednek, viszont a rakott vasúti kocsiknál ezek a rázkódások a csúcserőket már a 100 km/h sebesség alatt elérik. A keresztirányú lökések csúcserőteke - rakott vasúti kocsi esetében - már 80 km/h sebességnél jelentkezik. Az is megállapítható, hogy nem számottevő ebből a szempontból a különbség a jó és a rossz pálya között.

A fenti mérések során a vasúti teherkocsik rakfelületén fellépő gyorsulások frekvenciaösszetételét is vizsgálták. Megállapítást nyert, hogy a gyorsulások fő frekvenciatartományai: függőleges irányban 2-8 Hz, vízszintes keresztirányban 0-1 Hz, hosszirányban 4-16 Hz (25. ábra).



25. ábra

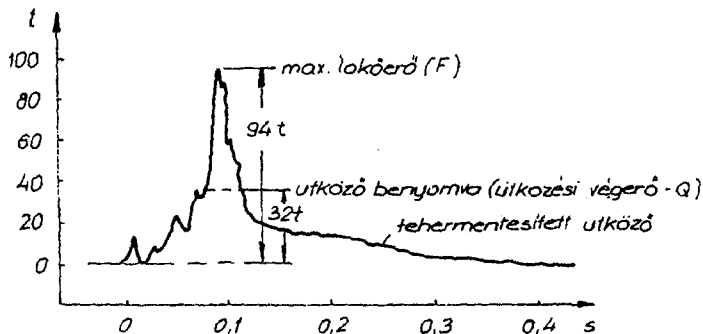
Vasúti teherkocsi rakfelületén menet közben mért gyorsulások frekvenciaösszetétele

A kocsi rendezésénél fellépő igénybevételek azért igényelnek figyelmet, mert a vasúti üzemben általában elkerülhetetlen, hogy a vasúti kocsik tolatás közben egy másik kocsihoz vagy ütközőbakhhoz ne ütközzenek. Az ebből származó ún. tolatási lökést rendszerint úgy tekintik, mint az árut a szállítás során érhető legnagyobb mechanikai igénybevétel forrását.

Kívánatos, hogy a kocsi ráfutási sebessége ne haladja meg az $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$ értéket. Ezt azonban még tapasztalt személyzet esetében sem lehet minden esetben elérni.

A tolatási ütközéseknél fellépő igénybevételeket jól jellemzi a 26. ábra, amely a ráfutási kísérlet során

($v = 12,6 \text{ km/h}$) az ütközők közötti lökőerő fellépésének időbeli lefolyását mutatja be.



26. ábra

Az ütközők közötti lökőerő alakulása az idő függvényében, terhelt vasúti kocsi esetén

A szállítási igénybevétel szempontjából lényegében a lökési folyamat során fellépő legnagyobb erő veendő számításba.

Ha a lökés alkalmával nem lépik túl az ütközők végerő kifejtő képességét, a legnagyobb összlökőerő a két maximális F ütközőerő összegeként jelentkezik:

$$2F = 3,6 \cdot v \cdot \sqrt{\frac{C_p \cdot C_w}{g(2C_p + C_w)}} \cdot \sqrt{\frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}}$$

ahol:

v = a ráfutási sebesség (m/s)

m_1 = a ráfutó kocsi tömege (t)

m_2 = a meglökött kocsi tömege (t)

C_p = rugóállandó (az ütközőerő és a terhelés alatti lökethossz közötti viszony (N/m); ($4,3 \cdot 10^6 \text{ N/m}$),

C_w = rugóállandó (a jármű rugózását, a lökés alkalmával fellépő bólintó mozgását, a rakomány alakváltozását, eltolódását és rugózását is figyelembe véve, mindkét kocsi vonatkozásában). Értéke csak empirikusan, kísérletek útján állapítható meg (pl. a két szénrel rakott kocsi ütközésekor

$$C_w = 2-3 \cdot 10^7 \text{ (N/m)}.$$

Ha a tolatási lökés alkalmával a nagyobb ráfutási sebesség következtében a maximális lökethosszat kimerítjük, akkor a lökőerő jelentősen megnövekedik.

Az a ráfutási sebesség, amelynél a maximális ütközési lökület éppen igénybe vesszük és a maximális lökőerő egyenlő a két ütközési végerő (Q) értékének összegével, a következő egyenlet szerint írható fel:

$$v = 2 Q \sqrt{\frac{g(2C_p + C_w)}{C_p \cdot C_w}} \cdot \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}}$$

Amennyiben a tolatáskor túllépik a Q ütközési végerőt, akkor a legnagyobb összlökőerő a következőképpen határozható meg:

$$2 F = \sqrt{\frac{C_w}{2g} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (3,6)^2 - 20 Q^2}$$

A ráfutó, ill. meglökött kocsi maximális ütközési lassulását, ill. gyorsulását, a $2 F$ legnagyobb összlökőerőből és a mindenkorai járműtömegből lehet megállapítani:

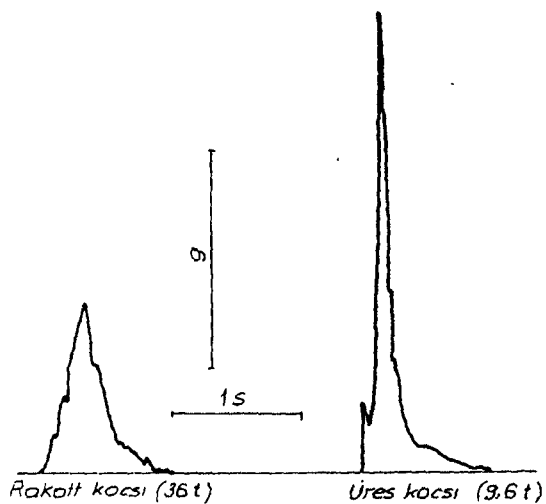
$$a_{1,2} = \frac{2F}{m_{1,2}}$$

Az $a_{1,2}$ teljes kocsi tömegére vonatkoztatott lassulást, ill. gyorsulást, amely - a jármű tömegét és a rakományt is figyelembe véve - a lökési folyamat alatt maximális értéként létrejön. Ezt az értéket nem csupán a lökőerőből lehet könnyen kiszámítani, hanem a lökőmérő műszerekkel is ellenőrizhető. A 27. ábra - példaképpen - egy tolatási lökés során fellépő lassulás mért értékeit mutatja be az idő függvényében rakott és üres vasúti kocsi esetében.

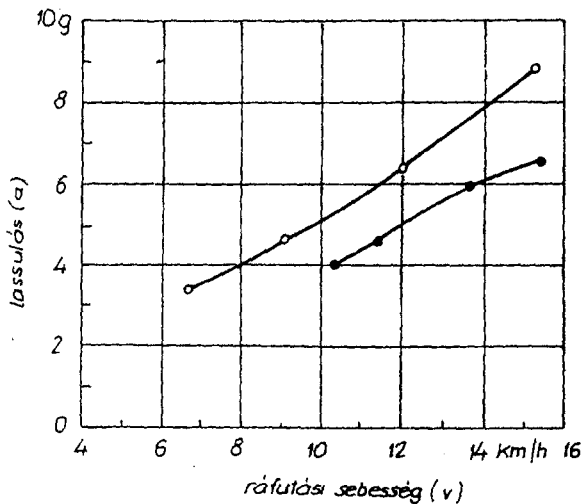
Az ábrán bemutatott esetben a ráfutási sebesség a normális tolatási üzemben megengedettnek tekintett 3,6 km/h (1m/s). Látható, hogy az ilyen sebességű ütközéskor fellépő lassulás értéke a rakott (36 t össztömegű) kocsinál még 1 g alatti (0,75 g), az üres (9,6 t tömegű) kocsinál pedig valamivel 2 g felett van.

Egy sor ilyen jellegű mérés összesítése a 28. ábrán látható.

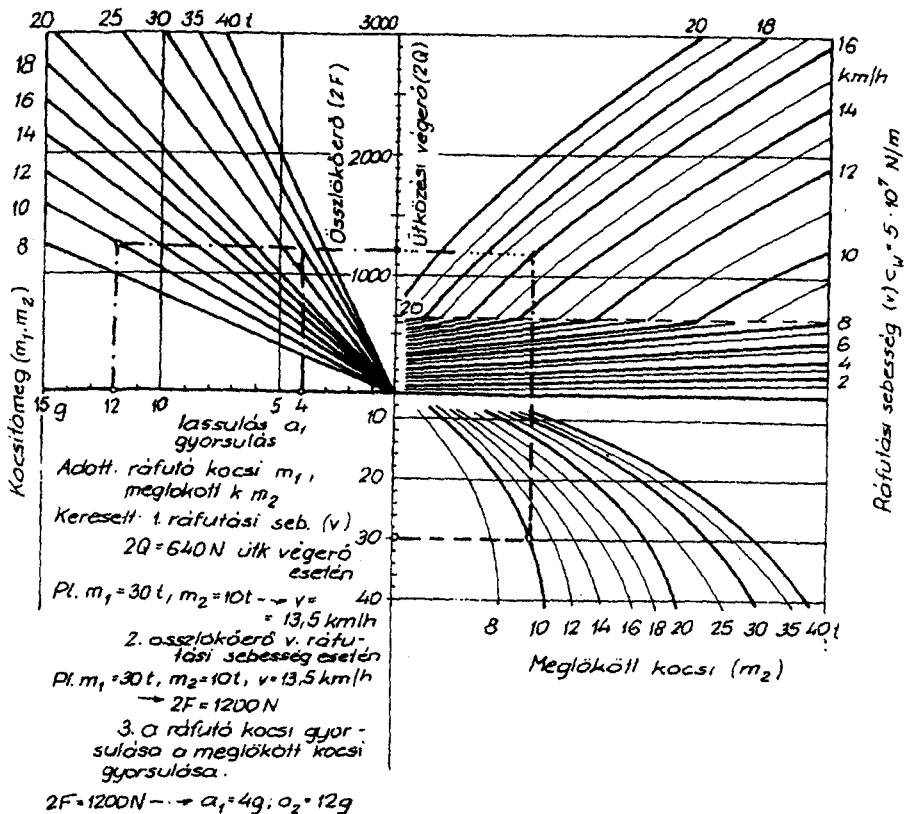
A 29. ábra nomogramja az ütközőerő, a lassulás, a ráfutási sebesség és a járműtömegek közötti összefüggéseket mutatja. A nomogram szerkesztésekor normál ütközőket és a $C_w = 5 \cdot 10^7$ N/m értéket vettek alapul. Általa egyszerű módon



27. ábra
Rakott és üres vasúti kocsi rakfelületén
mért ütközési lassulások



28. ábra
A tolatási lökés során fellépő lassulások
értékei a ráfutási sebesség függvényében



29. ábra

Az ütközőerő, a lassulás, a ráfutási sebesség és a járműtömegek közötti összefüggés nomogramja

lehet megállapítani, adott járműtömegek esetében a következő fontosabb értékeket:

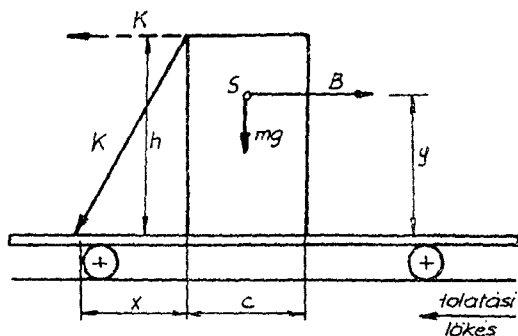
1. v ráfutási sebesség,
2. fellépő összlökőerő adott ráfutási sebesség esetében,
3. a ráfutó kocsinál fellépő lassulás és
4. a meglökött kocsinál fellépő gyorsulás.

A vasúti kocsin elhelyezett áru igénybevétele a tolatási lökés következtében - amennyiben a vasúti kocsi rakfelületével mereven össze van kapcsolva - nyilvánvalóan nem különbözik a vasúti kocsiétól.

Ha viszont az áru nincsen mereven a rakfelülethez erősítve, az a tolatási lökés hatására bizonyos mértékben elmozdulhat. Ebben az esetben az árut érő lökés (hacsak elmozdulás közben nem ütközik hozzá másik árudarabhoz vagy a szállítójármű falához) még kisebb is lesz mint magának a rakfelületnek az igénybevétele.

A súlyos és magas árudarabokat a felbillenés is veszélyezteti. Ezeknek a szállítóeszközhöz kapcsolásához viszonylag nagy lekötőerőre van szükség.

Egy nagyméretű árudarab buktatónyomaték a következőképpen alakul (30. ábra):



30. ábra

Vázlat a tolatási lökéssel szembeni védelmet szolgáló lekötőerő számításához

$$B \cdot y = a.m.y$$

Mínthogy:

$$B \cdot y = mg \frac{c}{2} + K_1 \frac{x \cdot h}{\sqrt{x^2 + h^2}} + K_1 \frac{h \cdot c}{\sqrt{x^2 + h^2}}$$

meghatározható a jármű rakfelületéhez kapcsolt lehorgonyzó kötéleben keletkező K_1 lekötőerő.

Ha viszont az árudarab felbillenését az annak felső részén alkalmazott K_2 erővel akarjuk megakadályozni, akkor ennek értéke a

$$B \cdot y = mg \frac{c}{2} + K_2 \cdot h$$

egyenletből nyerhető.

Példa: Egy $m = 12$ t tömegű, a vasúti pálya tengelyirányában mért $c = 1$ m oldalhosszúságú és $h = 2,6$ m magasságú ládába csomagolt gép esetén, ahol az S tömegközéppont magassága a rakfelület felett $y = 1,5$ m a helyzet a következőképpen alakul:

$a = 0,75$ $g = 7,5$ m/s^2 értékű lassuláskor, ami az előbbieket szerint megfelel a 36 t tömegű rakott kocsi 1 m/s (3,6 km/h) ráfutási sebességének, a ládába csomagolt gépet érő tolatási lökés:

$$B = a m = 7,5 \cdot 12000 = 90000 \text{ (N)}.$$

Ha a lekötő hevedereket a ládától $x = 1,0$ m távolságban kötik be, akkor az ezek által felveendő K_1 erő a forgatónyomatékok egyenletéből a következőképpen határozható meg:

$$B \cdot y = 12000 \frac{1}{2} + K_1 \frac{1 \cdot 2,6}{\sqrt{1 + 2,6^2}} + K_1 \frac{2,6 \cdot 1}{\sqrt{1 + 2,6^2}} =$$

$$= 135000 \text{ (Nm)}.$$

$$\text{Ebből } 60000 + K_1 \frac{2 \cdot 2,6}{1 + 2,6^2} = 135000 \text{ (Nm)}.$$

illetve:

$$K_1 = \frac{75000}{2 \cdot 0,92} = 41000 \text{ (N)}.$$

A tolatási lökésnél hirtelen fellépő erő hatásának csökkenésére - egyrészt a ládán alkalmazott kötési helynek, másrészt magának a járműnek a védelmében - a ládat csúszótálpakra kell állítani, amelynek nagyobb lassulások fellépése esetében a súlyos árut - szánként - a rakfelületen elcsúszni engedik addig, amíg az áru kinetikai energiáját a súrlódási munka fel nem emészti. Különös jelentősége van ennek nagyobb ráfutási sebességek alkalmával.

Példa: $v = 10$ km/h = 2,78 m/s ráfutási sebesség esetén a 12 t tömegű áru kinetikai energiája

$$W = \frac{mv^2}{2} = \frac{12000 \cdot 2,78^2}{2} \approx 47000 \text{ (J)}.$$

Fa csúszótalpak súrlódási tényezőjét az ugyancsak fa kocsipadló $u = 0,5$ -tel számítva, a csúszótalpak menetirányú továbbcsúszását fékező súrlódóerő

$$S = 12000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 60\,000 \text{ (N)}.$$

Az S súrlódóerő a meglevő kinetikai energiát

$$s = \frac{W}{S} = \frac{47000}{60000} = 0,8 \text{ (m)}$$

hosszúságú úton emészti fel, vagyis az áru $0,8$ m-re csúszik el a tolatási lökés irányában.

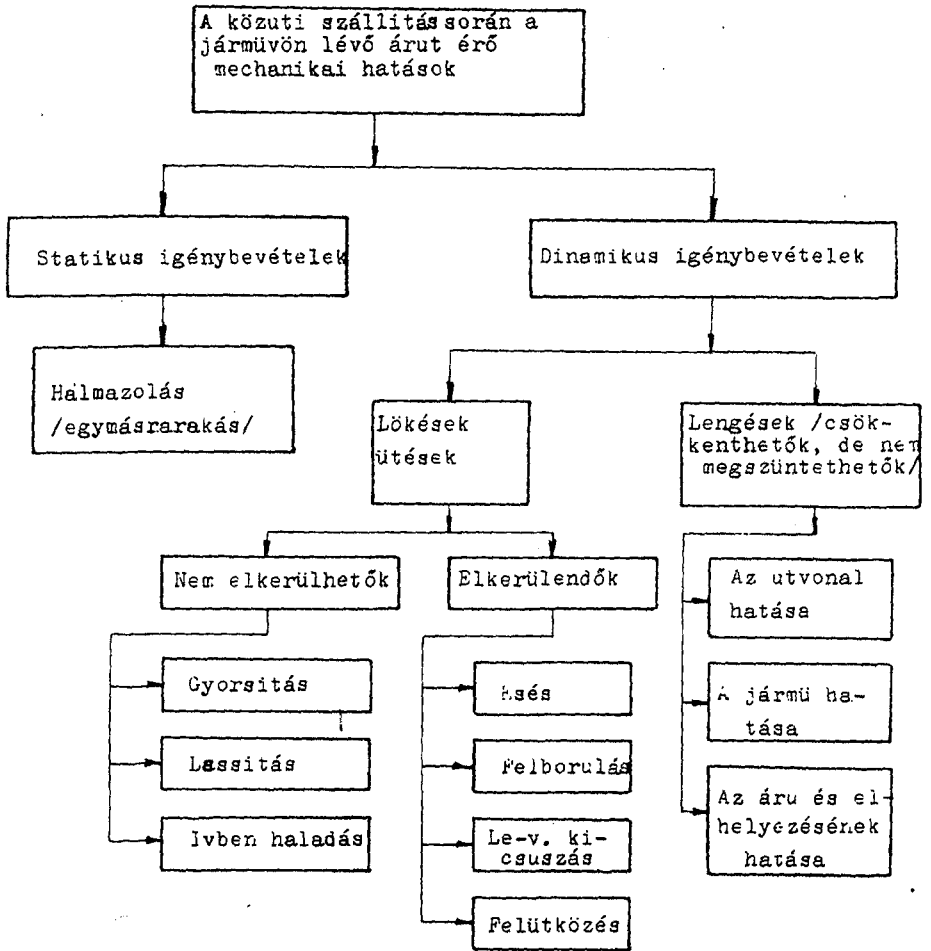
Ilyen hosszú elcsúszás rakodástechnikai okból nem mindig engedhető meg. Ilyen esetben az az út, amelyen a csúszótalpakkal alátámasztott teher lefékezendő, a fékezőerő növelésével megrövidítendő. Erre a célra az áru természetének megfelelően különböző lehetőségek (pl. rugalmas kötelek stb.) állnak rendelkezésre. Ha nem kell azzal számolni, hogy a szállítás tartama alatt a kocsí még egy tolatási lökést kap ugyanabból az irányból, akkor az elcsúszási utat előre leszögezett tuskókkal is le lehet határolni.

4. Közúti szállítás során fellépő igénybevételek

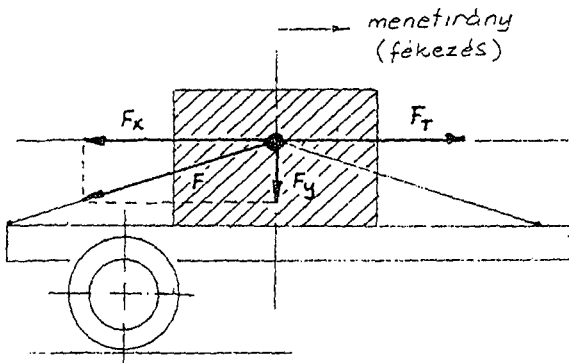
Az áruknek a tehergépjárművek rakfelületén való elhelyezését és a szükséges rögzítés módját első lépésben az árut a szállítás közben érő mechanikai hatásokra tekintettel kell meghatározni. Ezeket a mechanikai hatásokat a 31. sz. ábrán bemutatott módon csoportosíthatjuk.

A közúti jármű rakfelületén elhelyezett rakományokra, amint azt az ábrán láthatjuk, statikus és dinamikus igénybevételek hatnak. A statikus igénybevétel a rakomány tömegének és a felfekvési felület nagyságának függvénye. (Az egymásra rakásból eredő nyomást most nem vizsgáljuk.) A statikus igénybevétel - általában a rakomány és a rakfelület érintkezési síkján megoszló terhelést tételezünk fel - a rakomány elhelyezése és rögzítése szempontjából nem játszik szerepet. Néhány esetben azonban, ha az áru a statikus igénybevételre érzékeny, vagy ha a felfekvési felület kis mérete miatt nagy nyomásértékekkel kell számolni, a statikus terhelés vizsgálata is szükségessé válhat - annál is inkább, mert a rakományok rögzítése általában a rakfelületen a felfekvésre ható nyomóerő növekedésével jár (32. sz. ábra).

Tekintve, hogy a rakományra ható egyéb erők miatt a rakományt rögzítő kötelekben az ábrán feltüntetett előfeszítőerőnél nagyobb erők is felléphetnek, ezért a rakomány nyo-



31. ábra
Az árukat a szállítás közben a közúti jármű rakfelületén érő mechanikai igénybevételek csoportosítása



32. ábra
Rakományrögzés következtében fellépő nyomóerő-
változás

mási igénybevételre való megvizsgálása, a megfelelő felfekvési felületek méretezése stb. néhány esetben indokolt lehet.

A dinamikus igénybevételek lengések (rezgések) és lökések (ütések). A rakományra ható lengő igénybevételeket több külső tényező okozza. Ezek az igénybevételek meg nem szüntethetők, el nem kerülhetők, legfeljebb nagyságuk vagy káros hatásuk mérsékelhető. Így pl. az utak miatt fellépő lengések megfelelő útirány megválasztásával, a veszélyes, rossz szakaszokon az áthaladási sebesség csökkentésével lényegesen csökkenthetők.

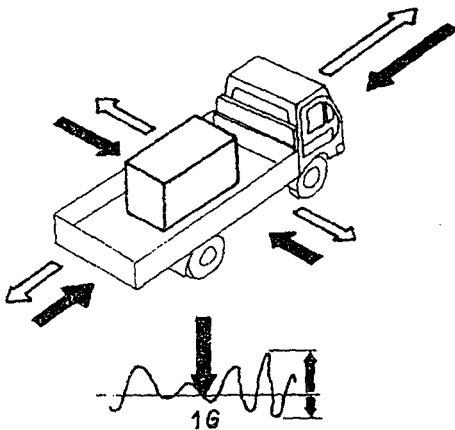
A lökések (ütések) lehetnek elkerülhetők (éppen ez a rakományrögzés célja) és nem elkerülhetők. Nem küszöbölhetők ki a közúti szállítás természetéből adódó elsődleges hatások (gyorsítás, fékezés, ívben való haladás, a rakfelület dőlése stb.).

Ezek megfelelő vezetési technikával (adott útvonal, jármű és rakomány mellett) csökkenthetők, de teljesen természetesen meg nem szüntethetők.

Elkerülhetők azonban ezen lökésszerű igénybevételek következtében fellépő esés, felborulás, felütközés stb.

4.1 A gyorsítások hatása a közúti jármű rakfelületén elhelyezett áru

A biztonságos áru rögzítéshez a szállítás során fellépő legkedvezőtlenebb (de normális) igénybevételekből kell kiindulni. (Nem tekinthetjük "normálisnak" a balesetek alkalmával fellépő hatásokat, de a méretezés alapjául kell, hogy szolgáljanak a veszélyes helyzetek, a balesetek kikerülése érdekében tett vészfékezések, hirtelen kerülő manőverek stb. eredményeképpen tapasztalt igénybevételek.



33. ábra
A közúti járművön elhelyezett árukra
ható erők

A 33. sz. ábrán feltüntettük azokat a hatásokat, amelyeknek a közúti gépjárművön szállított áru ki van téve.

Az ábrán üres nyíl mutatja a fékezéskor, gyorsításkor vagy ívben haladáskor fellépő tehetetlenségi, ill. centrifugális erőket, sötét nyíl pedig az áru rögzítését szolgáló erőket (súrlódó erő, kötélérő stb.). Az ábra alján vázlatosan utalunk azokra a lengésekre és rezgésekre, amelyek a rakomány részei, ill. a rakomány és rakfelület között álló helyzetben (statikusan) mérhető súrlódási erőt csökkentik

és ezért a rögzítés módjára, méretezésére igen jelentős hatást gyakorolnak.

A közúti jármű fekvelületén lévő rakományon mérhető erőhatások - ha azokat a 33. sz. ábrán feltüntetett irányokban, vízszintes terep és rakfelület feltételezésével határozzuk meg - könnyen számíthatók. A jó állapotban lévő gumibroncsok és a száraz, érdes útburkolat között fellépő maximális tapadási tényező (0,80...0,85) felvételével, pl. a menetirányban mérhető legnagyobb lassulás 0,8...0,85 g lehet, azaz a rögzítés szempontjából mérvado erőhatás vízszintes irányban minden egy kg tömegre 7,8...8,3 N-ra tehető. A valóságban azonban

- a jármű rakfelületének dőlése (hossz- és keresztirányban),
- az útpálya lejtése (hosszanti- és keresztirányban),
- az útpálya ívben való vezetése

miatt az előbb megállapított értéknél nagyobb erők is fellépnek. A vizsgálatot nehezíti, hogy ezek az esetek együttesen is előfordulhatnak, azaz az egyes erőhatások szuperponálódnak.

4.2 Az előredőlő rakfelület vizsgálata

A tehergépjárművek egy jelentős hányada - különösen részterhelés vagy a menetirány szerint a rakfelület elején elhelyezett rakomány esetén - előre lejt. Bár az előredőlés szöge kicsi, a rakomány felborulását vagy előrecsúszását megkönnyíti.

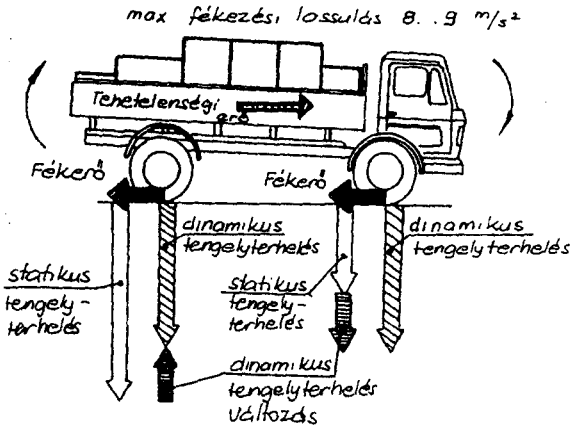
Tovább rontja a helyzetet, hogy a fékezés során az első tengelyre ható erők megnövekednek, a jármű előre billen, amint azt a 34. sz. ábra mutatja.

Ha a gépjármű lejtős úton halad lefelé, a rögzítéssel kompenzálendő erők tovább növekednek. A kedvezőtlen esetek együttes előfordulása során fellépő erőhatásokat egy $2B = 1,6 H$ méretű doboz alakú rakomány felborulási határesetének bemutatásával érzékeltetjük. A felboruláshoz szükséges tehetetlenségi erő számításának módját a 35. sz. ábrán követhetjük figyelemmel.

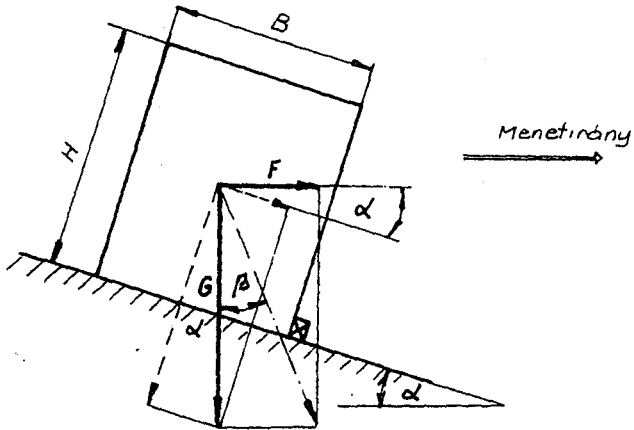
Az ábra jelölésével az F_T billentőerő:

$$F_T = G \cdot \operatorname{tg} \beta \quad \text{és} \quad \operatorname{tg} (\alpha + \beta) = \frac{B}{H}$$

Tekintve, hogy $\operatorname{tg} (\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$, ezzel



34. ábra
Rakfelület dőlése fékezéskor

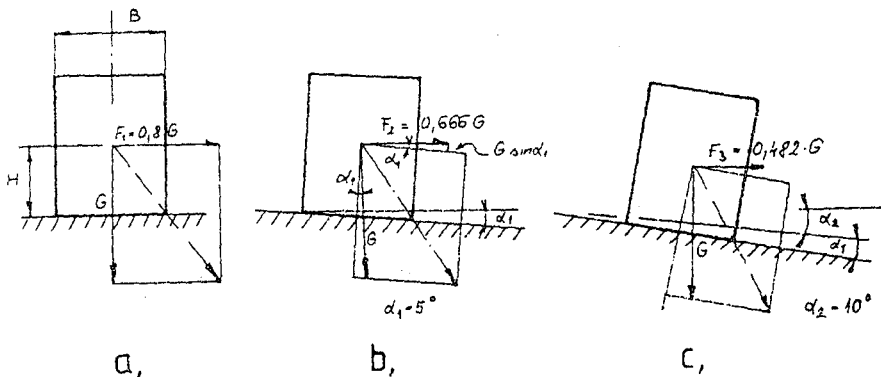


35. ábra
Felborulási határeset vizsgálata előredőlő rakfelület esetén

itt G - a rakomány tömege,
 α - a rakfelület dőlési szöge,
 F_T - az a tehetetlenségi erő, amelynél nagyobb rakományt felbillenti.

$$F_T = G \cdot \frac{B - H \cdot \operatorname{tg} \alpha}{H + B \cdot \operatorname{tg} \alpha} \text{ vagy } G \cdot \frac{\frac{B}{H} - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \frac{B}{H} \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\alpha = 0 \text{ esetben } F'_T = G \cdot \frac{B}{H}$$

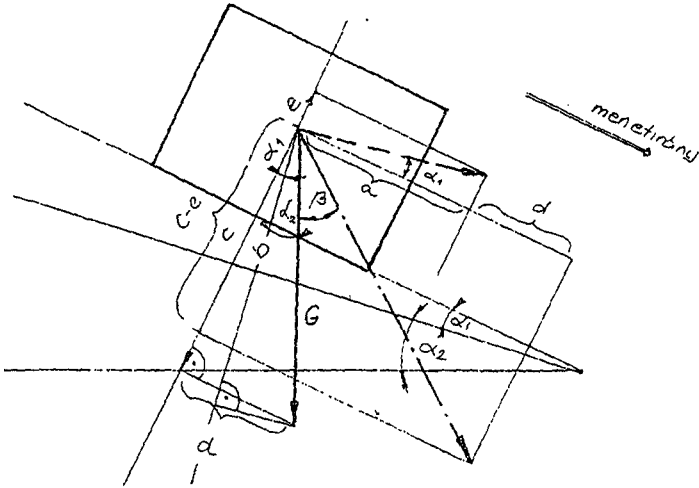


36. a, b, c ábra
 Billentőerő változása lejtőn való fékezéskor

A 36. b. sz. ábrán láthatjuk, hogyan változik a billentőerő 5%-kal előredőlő rakfelület esetén. Jóllehet szélsőségekben még ennél nagyobb értékkel is találkozhatunk, a felboruláshoz vezető erőigény így is 16%-kal csökkent.

Ha a gépjármű lejtőn halad lefelé, a billentéshoz szükséges erő számítását a 37. ábra mutatja.

Az ábrán α_1 a rakfelület előrebillenési és dőlési szögét, α_2 a lejtő szögét jelöli, a jármű a lejtőn halad lefelé és fékez. A keresett F_T -erőt a



37. ábra
Rakományra ható erők alakulása lejtőn fékezéskor

$$(c-e) \cdot \frac{B}{H} = d + f$$

egyenlőségből számíthatjuk, ahol

$$c = G \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2),$$

$$d = G \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2),$$

$$e = F_T \cdot \sin \alpha_1 \text{ és}$$

$$a = F_T \cdot \cos \alpha_1.$$

A behelyettesítések és az egyenletrendezés után kapjuk:

$$F_T = G \cdot \frac{\frac{B}{H} (\cos \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2) - (\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2)}{1 + \frac{B}{H} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

ami, ha a jármű rakfelülete nem dől előre egyszerűsödik ($\alpha_1 = 0$):

$$F'_T = G \cdot \left(\frac{B}{H} \cos \alpha_2 - \sin \alpha_2 \right), \text{ ha pedig } \alpha_2 = 0, \text{ akkor}$$

a már levezetett egyenlőséget kapjuk:

$$F''_T = G \cdot \frac{B - H \operatorname{tg} \alpha_1}{H + B \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

A 36. c. sz. ábrán a lejtő szögét 10° -ra vettük fel. Ezzel a billentőerő $0,482 \cdot G$ értékre adódik, ami az eredetinek csak 60%-a!

A rakomány és a rakfelület között a tapadási tényezőt μ_0 -al jelölve, a megcsúszás határesetéhez szükséges tömegelő a

$$F'_{cs} = G \cdot \frac{\mu_0 - \operatorname{tg} \alpha_1}{1 + \mu_0 \operatorname{tg} \alpha_1} \quad \text{és}$$

a c) esetre:

$$F''_{cs} = G \cdot \frac{\mu_0 (\cos \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2) - (\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2)}{1 + \mu_0 \operatorname{tg} \alpha_1}$$

Amennyiben μ_0 -t itt B/H értékre, azaz $0,8$ -ra vesszük fel, a billentőerőkkel azonos eredményeket kapunk. (Amint látható, az hogy billenés vagy csúszás következik be a B/H és a μ_0 viszonyától függ:

$$\frac{B}{H} < \mu_0 \quad \text{esetben billenés}$$

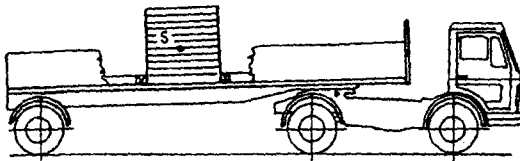
$$\frac{B}{H} > \mu_0 \quad \text{esetben pedig csúszás}$$

következik be.

4.3 A gyorsítás és a tolatás vizsgálata

Hátrafelé haladás és hirtelen fékezés vagy előrehaladás-kor gyorsítás alkalmával a rakományra ható tehetetlenségi erő a jármű végének irányában hat. A rakományrögzítéssel foglalkozó ajánlások, tanulmányok egy része - így pl. a Német Egyesült Mérnökegylet irányelvei (VDI 2702, lásd a (2) és (4) javatípusplbam) szerint jötra, emetbem elegendő 0,5.G erővel számolni. Ezt az álláspontot többen is kritizálják. Számításokkal és mérésekkel egyaránt kimutatható, hogy hátramenetben igen gyakran az előremenethez hasonló nagyságú erők lépnek fel. A legkedvezőtlenebb eredményeket ismét több hatás együttes fellépésekor kapjuk.

1. A közúti áruszállító járművek egy részének rakfelülete hátrafelé lejt. Ez az eset jellemző a nyerges vontatók félpótkocsijaira, de gyakran előfordul a rosszul megrakott, erősen kiterhelt szőlő tehergépjárműveken is (38. sz. ábra).



38. ábra
Hátrafelé lejtő rakfelület

2. Hátrafelé haladás és fékezés esetén a dinamikus tengelyterhelés hátul megemelkedik, a rakfelület dőlése ezáltal tovább fokozódhat.

3. A jármű az előremenethez hasonlóan haladhat hátramenetben is lejtős terepen, rámpán stb. lefelé, ami a rakomány dőlés- vagy csúszásveszélyét tovább növeli.

4.4 Haladás ívben

Ívben való haladás-kor a járműre (és az azon elhelyezett rakományra hat a centrifugális erő ($F_C = m \cdot v^2/R$).

A kicsúszás vagy kiborulás vizsgálatánál nem elégedhetünk meg az egyszerű

$$m \frac{v^2}{R} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} = G \cdot \mu_0, \text{ ill. } a$$

$$\frac{v^2}{g \cdot R} < G \cdot \frac{B}{H}$$

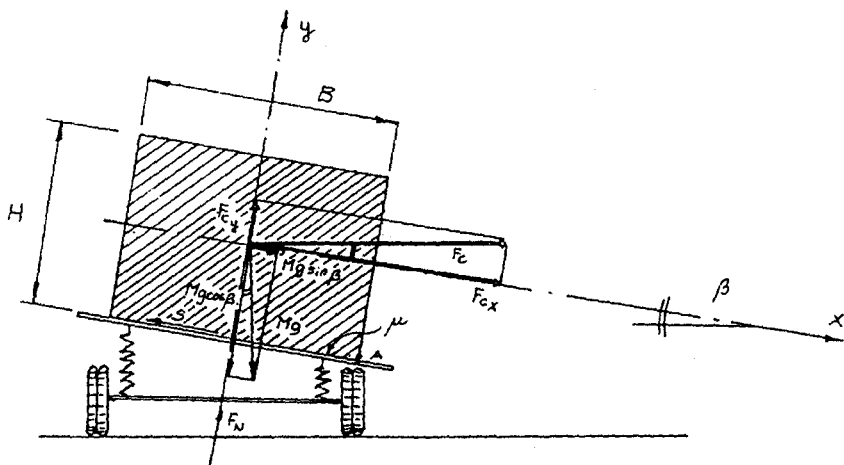
összefüggések megvizsgálásával, mert az F_c hatására a közúti járművek rakfelülete erősen megdől (ez a dőlés kedvezőtlen útviszonyok mellett 20° -ot is elérheti), továbbá egyéb, más erők fellépésével is számolnunk kell (pl. gyorsítás ívben való haladáskor, lejtőn ívben való haladás stb.). Az összefüggésekben

m - a rakomány tömege, kg

v - a gépkocsi sebessége, m/s és

R - a fordulókör sugara (a jármű hossz tengelyének felezővonalában), m.

Ha a jármű rakfelületének dőlési szöge β , akkor az a sebesség, amely mellett a rakomány bármilyen μ_0 tapadási tényező mellett elválk a rakfelülettől (39. sz. ábra):



39. ábra

Kifelé dőlő rakfelületen levő rakományra ható erők ívben való haladáskor

$$F_c \cdot \sin \beta > G \cdot \cos \beta, \text{ innen}$$

$$\frac{v^2}{g \cdot R} > \operatorname{ctg} \beta.$$

Megcsúszással, ill. a rakfelületről való elmozdulással kell tehát számolnunk - a már ismertetett formulák felhasználásával -, ha

$$\frac{\mu_0 - \operatorname{tg} \beta}{1 + \mu_0 \cdot \operatorname{tg} \beta} < \frac{v^2}{g \cdot R} > \operatorname{ctg} \beta,$$

ill. billenés következik be, ha

$$\frac{\frac{B}{H} - \operatorname{tg} \beta}{1 + \frac{B}{H} \cdot \operatorname{tg} \beta} < \frac{v^2}{g \cdot R} < \operatorname{ctg} \beta.$$

Határesetben v_{\max} -ra kapjuk:

- billenésre:

$$v_{\max}^{(b)} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{B - H \cdot \operatorname{tg} \beta}{H - B \cdot \operatorname{tg} \beta}} \quad \text{és}$$

- kicsúszásra:

$$v_{\max}^{(cs)} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{\mu_0 - \operatorname{tg} \beta}{1 + \mu_0 \operatorname{tg} \beta}}$$

4.5 Összetett igénybevételek

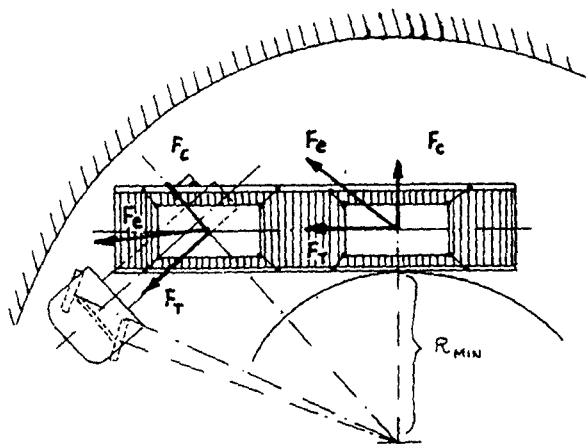
Összetett igénybevételek jelentkeznek, ha ívben való haladáskor gyorsítás, fékezés történik, vagy ha az ív hosszanti vonalvezetése emelkedik vagy süllyed. Hosszabb járműfelületen - pl. nyerges félpótkocsi - a járművön elhelyezett rakományokra különböző irányú erők is hathat.

Jól megfigyelhető az eredő erők eltérése a 40. sz. ábrán.

Az eredő erő nagysága

$$F_e = \sqrt{F_T^2 + F_C^2},$$

ami természetesen nagyobb bármelyik komponensnél, de ami fontosabb, irányban lehet olyan, hogy a rögzítőhevederek közül csak egyet terhel.



40. ábra
Fékezés ívben való haladáskor

A 41. sz. ábrán egy lejtőn, bal kanyarban haladó gépkocsi rakfelületét és az azon elhelyezkedő rakományt mutatjuk.

Az egyszerűbb számítás érdekében útfelület tülemelést, továbbá fékezés vagy gyorsítás miatt fellépő tehetetlenségi erőt nem vesszük figyelembe.

Az ábra jelöléseivel:

- a súlyerőnek a jobbra dőlő rakfelület irányába eső (a haladási irányra merőleges) összetevője:

$$G_y = G \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta \quad \text{ahol } \alpha \text{ rakfelület dőlésszöge, } \beta \text{ a lejtő dőlésszöge.}$$

- a súlyerőnek a lejtőn lévő kanyar középvonalának érintője irányába eső komponense:

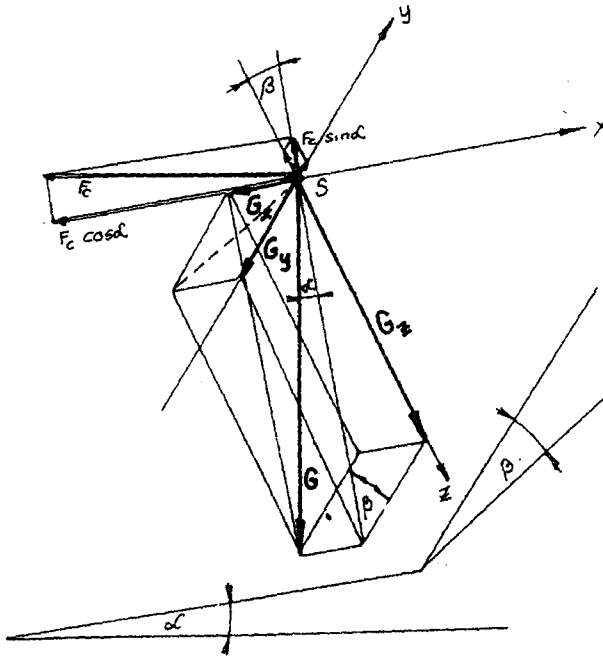
$$G_x = G \cdot \sin \alpha$$

- a súlyerőnek az útfelületre merőleges vektora:

$$G_z = G \cos \alpha \cos \beta$$

Továbbá

$$F_c = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \quad \text{melynek vetületei}$$



41. ábra
Lejtőn, ívben haladó gépjármű rakományának tömegközéppontjára ható erők

$$F_{cx} = F_c \cos \alpha$$

$$F_{cy} = F_c \sin \alpha \sin \beta$$

$$F_{cz} = F_c \sin \alpha \cos \beta$$

R a fordulási sugár

A gépjármű rakfelületén ébredő súrlódóerő

$$S = \mu_0 (G_z - F_{cz}) = \sqrt{(F_{cx} + G_x)^2 + (G_y - F_{cy})^2}$$

A fenti egyenlet megoldása után

$$\frac{v^2}{gR} = \frac{\sqrt{D} - \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\alpha \sqrt{D+1}} \quad \text{alakra jutunk, ahol}$$

$$D = \mu_0^2 \cos^2\beta - \sin^2\beta.$$

A maximális sebesség például $\alpha = \beta = 10^\circ$ és $\mu_0 = 0,8$ esetén $v_{\max} = 2,26 \sqrt{R}$.

5. A rakfelület mozgásviszonyainak mechanikai modellje

A mérés technika és eszközeinek rohamos fejlődése révén egyre inkább lehetőségünk nyílik arra, hogy az anyagmozgatás, raktározás közben fellépő árukárosodások okait, mélyebb szintű ok-okozati összefüggéseit gyors és pontos helyszíni mérésekkel tudjuk meghatározni, illetve elemezni.

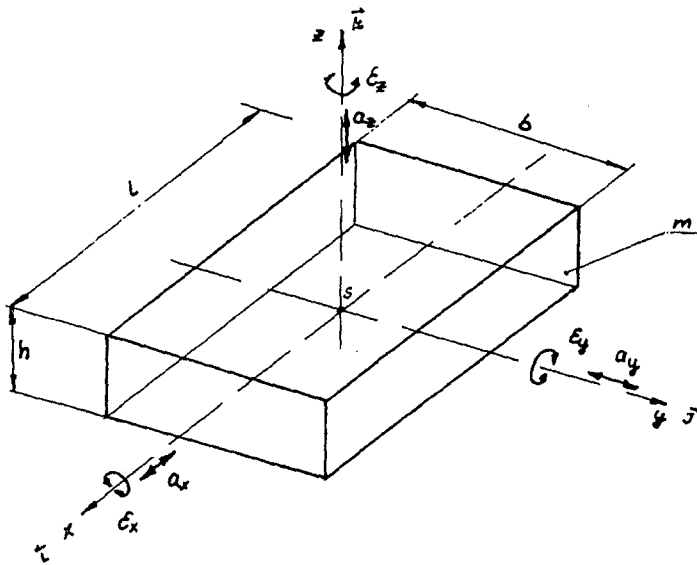
A mérési eredményeinkből viszont csak akkor tudunk helytálló következtetéseket levonni, amennyiben tudjuk, hogy "mit" mértünk, mérési eredményeink milyen összetett folyamatot írnak le! Ellenkező esetben teljesen hamis következtetésekre juthatunk! Ezt megelőzendően minden esetben, még mérés előtt fel kell állítanunk egy olyan elméleti modellt, amelyen a vizsgálni kívánt folyamatot előzetesen elemezhetjük. Az előzetes elemzés eredményeinek alapján kell megtervezni a mérés, s a felhasznált mérőeszközök jellegét, azok mérési elrendezését, s az eredmények kiértékelésének módját is.

A következőkben röviden bemutatjuk - a közúti szállító járművek rakfelületének mozgásviszonyait leíró modell elemzésén keresztül - a modellalkotás törvényszerűségeit, s az eredmények értékelését, felhasználását a gyakorlati mérés megtervezéséhez. Az ismertetendő mérés végső célja, a rakfelületen elhelyezett rakományra ható tömegterhek, gyorsulások meghatározásán keresztül, a rakományrögzítésre szolgáló eszközök szilárdsági méretezéséhez szükséges paraméterek előállítására.

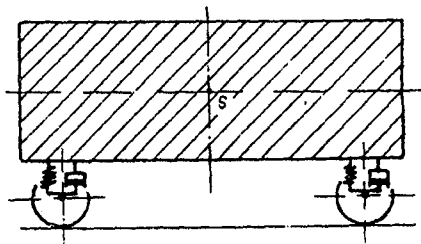
5.1 Alaplengések

Egy kéttengelyes jármű leegyszerűsített lengéstani modellje a 42. sz. ábrán látható.

Ez a modell egy ún. egylépcsős modell, mely csak a futóművek rugózását, illetve lengéscsillapítását veszi figyelembe. A kerékköpenyek rugózását és lengéscsillapítását a modellben elhanyagoljuk.



ALAPLENGÉSEK					
Tengely mentén	Egyenes vonalú		Tengely körül	Szöglengetés	
X	rönggátás	a_x	X	tárológás	ϵ_x
Y	szitálás	a_y	Y	bólintás	ϵ_y
Z	rázás	a_z	Z	kigyózás	ϵ_z



42. ábra
Gápjármű alaplengetéseinek osztályozása

A modellt folytonos tömegelosztásúnak tekintjük, így a tömegközéppontot a szimmetriatengelyek metszéspontjában vesszük fel. A koordináta-rendszer kezdőpontját a jármű tömegközéppontjába, az egyes tengelyeket pedig a jármű tömegközéppontján átmenő vízszintes és függőleges síkok metszéspontjában helyezzük el, s így ezek a tengelyek egyben a jármű tehetetlenségi főtengelei is.

A járműnek mint lengő rendszernek hat szabadságfoka van, ugyanis mindhárom tengely irányában egyenes vonalú lengéseket, és ugyanezen tengelyek körül szöglengéseket is végezhet. Ennek megfelelően az alaplengések és azok elnevezései a következők:

Egyenes vonalú lengések

x tengely mentén: rángatás
y tengely mentén: szitálás
z tengely mentén: rázás

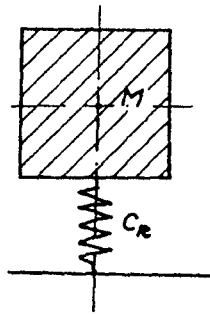
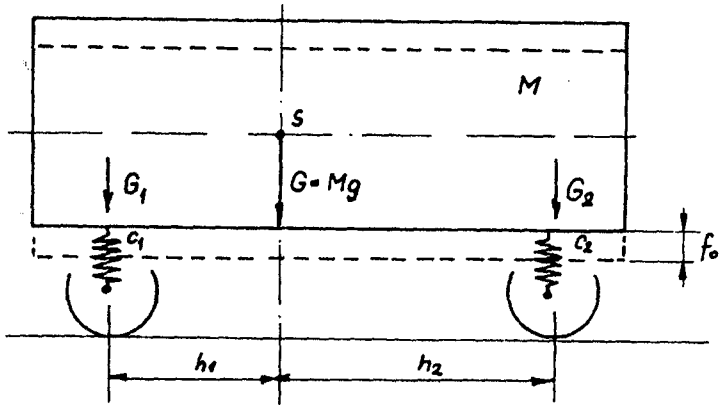
Szöglengések

x tengely mentén: támolygás
y tengely körül: bólintás
z tengely körül: kigyózás

Az előbbieken felsorolt alaplengések menet közben külön-külön nem észlelhetők, csupán azok eredője. Az, hogy menet közben egy-egy alaplengés egyedül létre jöjjön a gerjesztésnek és a lengő rendszernek is bizonyos feltételeket ki kell elégíteniük, mely feltételek a valóságban a legritkább esetben teljesülnek. Az alaplengéseket úgy értelmezzük, hogy egy-egy alaplengés egy meghatározott tengely mentén vagy tengely körül jön létre, függetlenül attól, hogy milyen a lengés amplitúdója, frekvenciája stb. Az ilyen módon definiált alaplengés a tágabb értelemben vett alaplengés, hiszen nemcsak a járművek mint lengőrendszernek paramétereit tartalmazza, hanem a gerjesztés jellemzőit is. Amennyiben a különböző lengéseknél valamilyen jól definiálható gerjesztést feltételezzük, úgy ekkor az alaplengésen az erre adott választ értelmezhetjük.

5.1.1 Rázás

Egy aszimmetrikus gépjármű rugózása megépítésénél az azonos besüllyedések elvét valósítják meg azért, hogy a jármű alvázsíkja az úttest síkjával párhuzamos legyen. Az egylépcsős jármű tömegközéppontja (43. sz. ábra) a rugózás tengelyeitől h_2 , illetve h_1 távolságban van, és f_0 a mindkét oldalon mért rugóbesüllyedés.



43. ábra
Mechanikai modell rázás esetére

Ekkor

$$f_0 = G_1 \cdot C_1 = G_2 \cdot C_2, \text{ ahol}$$

G_1 az 1-es- G_2 a 2-es rugóra ható tömegterő.

A tömegközéppontra felírt nyomatékok egyensúlyából következik:

$$G_2 \cdot h_2 = G_1 \cdot h_1 \text{ amiből}$$

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

Mivel

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{C_1}{C_2}, \text{ így ezért}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

Tiszta rázás akkor jön létre, ha a tömegközéppont csak a z tengely irányában mozdul el, s ekkor a járművet úgy modellezhetjük, hogy a jármű tömegét egyetlen rugóval támasztjuk alá, mely a két párhuzamosan kapcsolt rugó eredő rugóállandójával jellemezhető. Az eredő rugóállandó párhuzamosan kapcsolt rugó esetén

$$C_R = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Az M tömegű egylépcsős jármű alaplendésének körfrekvenciája:

$$\omega_r^2 = \frac{1}{M \cdot C_R} = \frac{1}{M} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2} \right)$$

A modell alaplendésének saját körfrekvenciája tehát

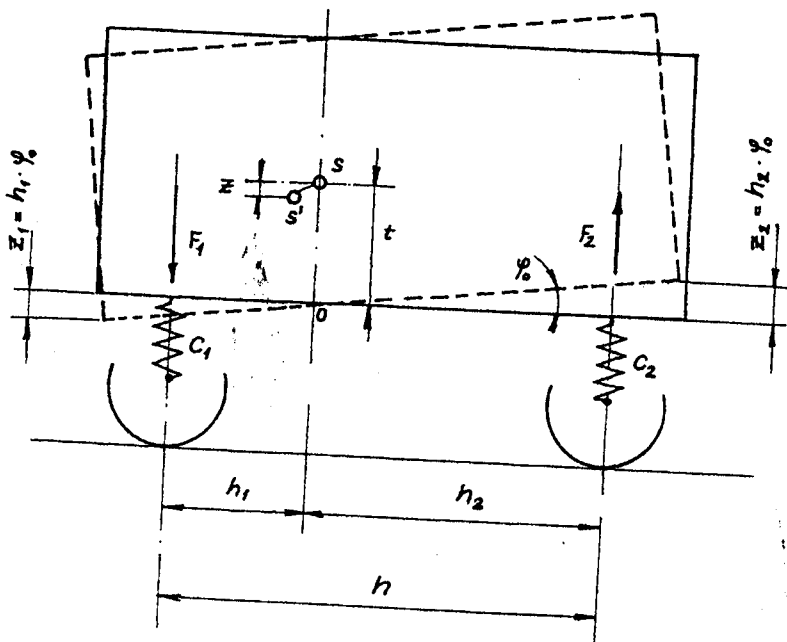
$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{M} \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}} \dots \dots \text{ (rad/s)}$$

A rezonancia frekvenciája pedig: f_r

$$f_r = \frac{\omega_r}{2\pi} \dots \dots \text{ (1/s)}$$

5.1.2 Bólintás

A bólintás, mint alaplendés a jármű y tengelye (kereszt tengely) körül bekövetkező szöglengésből alakul ki, melynek egyszeresen rugózott modellje a 44. ábrán látható.



44. ábra
Bólintó mozgás mechanikai modellje

Tiszta bólintás csak akkor jön létre, ha a \$O\$ pontban átmenő, a rajz síkjára merőleges tengelyre erőpár hat. Ez csak akkor következik be, ha \$F_1\$ és \$F_2\$ erő egyenlő nagyságú. Kis \$\varphi_0\$ nagyságú szögkitérést feltételezve

$$z_1 = h_1 \cdot \varphi_0 \quad \text{és} \quad z_2 = h_2 \cdot \varphi_0, \quad \text{amiből}$$

$$F_1 = \frac{z_1}{c_1} = \frac{h_1 \cdot \varphi_0}{c_1} \quad \text{és} \quad F_2 = \frac{z_2}{c_2} = \frac{h_2 \cdot \varphi_0}{c_2}$$

Mivel \$F_1\$ és \$F_2\$ erők erőpárt alkotnak, azaz \$F_1 = F_2\$, ezért

$$F_1 = F_2$$

$$\frac{h_1 \cdot \varphi_0}{c_1} = \frac{h_2 \cdot \varphi_0}{c_2}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

A fenti egyenlet a rázásnál megfogalmazott egyenlő besüllyedések elvét fejezi ki, vagyis tiszta bólintás csak az előbbi feltétel teljesülésekor jöhet létre!

Miért fontos az egyenlő besüllyedések elvének betartása?

Amennyiben ezt az elvet nem tartjuk be, úgy a bólintó mozgás során a forgástengely állandóan változtatja a helyét, a pillanatnyi forgástengely kilép a tömegközépponton átmenő függőleges síkból, s nem jelölhető ki "gyorsulásmentes" pont, illetve tengely. A forgástengely állandósága (vagy kismértékű ingadozása) a különböző tengelymenti szöglengéseknel azért fontos, mert ekkor aránylag pontosan kijelölhető térben az a pont, melynek gyorsulása a legkisebb. Ennek ismerete viszont a rakomány elhelyezésénél, illetve ennek kijelölésénél elsőrendű szempont.

A bólintás saját körfrekvenciáját a következő módon kaphatjuk meg. Bontsuk fel a jármű M tömegét a c_1 és c_2 rugók síkjába eső m_1 és m_2 tömegekre úgy, hogy a két tömegrész és a teljes tömeg azonos körfrekvenciával lengjen, tehát

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega$$

Ez csak akkor teljesül, ha

$$m_1 h_1 = m_2 h_2, \text{ illetve, ha}$$

a 0 pontban átmenő tengelyre vett tehetetlenségi nyomatéka

$$\Theta_0 = m_1 h_1^2 + m_2 h_2^2$$

Ezekből következik, hogy

$$m_1 = \frac{\Theta_0}{h \cdot h_1} \quad \text{és} \quad m_2 = \frac{\Theta_0}{h \cdot h_2}$$

A bólintás körfrekvenciája: ω_b

$$\omega_b^2 = \frac{1}{m_2 c_2} = \frac{h \cdot h_2}{\Theta_0 \cdot c_2} = \frac{h_2}{\Theta_0 \cdot c_2} (h_1 + h_2) = \frac{1}{\Theta_0 \cdot c_2} (h_1 h_2 + h_2^2)$$

Mivel $h_2 = h_1 \frac{m_1}{m_2}$, ezt az előbbi egyenletbe helyettesítve

$$\omega_b^2 = \frac{1}{\Theta_0 \cdot c_2} (h_2^2 + h_1^2 \cdot \frac{m_1}{m_2}) \text{ és minthogy}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{c_2}{c_1} \text{ így}$$

$$\omega_b^2 = \frac{h_2^2 + h_1^2 \cdot \frac{c_2}{c_1}}{\Theta_0 \cdot c_2} \text{ illetve}$$

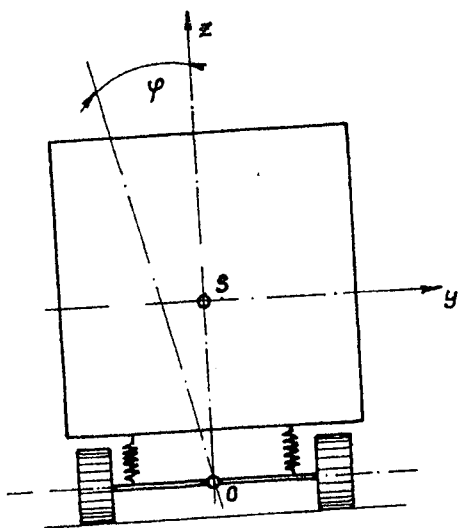
$$\omega_b^2 = \frac{h_2^2 c_1 + h_1^2 \cdot c_2}{\Theta_0 \cdot c_1 \cdot c_2}$$

A tiszta bólintás rezonancia frekvenciája pedig:

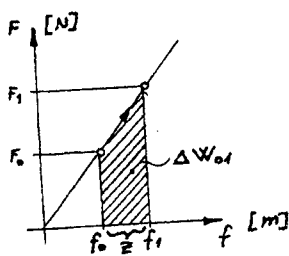
$$f_b = \frac{\omega_b}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{h_2^2 c_1 + h_1^2 c_2}{\Theta_0 \cdot c_1 \cdot c_2}} \quad (\text{Hz})$$

5.1.3 Támolygás

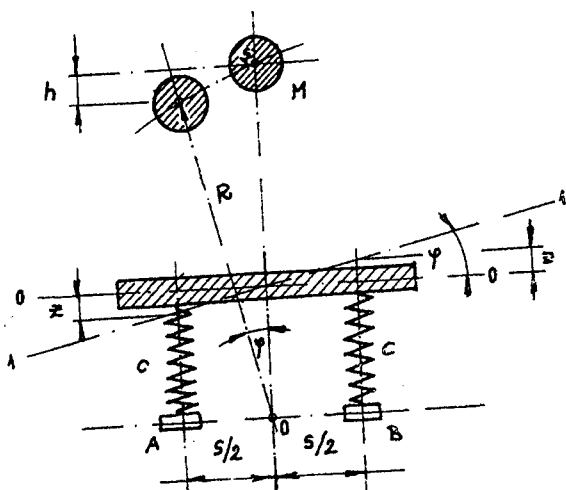
A támolygás a jármű x tengely körüli szöglengése. Ez a lengés azonban nem jármű tömegközéppontján átmenő tengely, hanem a kerékpárok tengelyein - a 45. ábra 0-val jelölt pontján a rajz síkjára merőleges tengely - átmenő vízszintes síkban fekvő tengely körül történik.



a.



b.



45. ábra
Támolygás mechanikai modellje

Az energiaváltozás a 0-0 helyzetből az 1-1 helyzetbe történő szögelfordulás esetén:

ΔW_M az M tömeg helyzeti energiaváltozása

ΔW_A az A jelű rugó deformációs energiájának változása

ΔW_B a B jelű rugó deformációs energiájának változása

$$\Delta W = \Delta W_M + \Delta W_A + \Delta W_B$$

$$\Delta W_M = - (Mg \cdot h)$$

A 45.a sz. ábra alapján a rugó deformációs energiája:

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{F_1 \cdot f_1}{2} = \frac{1}{2} \frac{f_1}{c} \cdot f_1 = \frac{1}{2} \frac{f_1^2}{c} = \frac{1}{2c} (f_0 + z)^2 = \\ &= \frac{f_0^2 + 2 f_0 z + z^2}{2c} \end{aligned}$$

$$W_0 = \frac{f_0^2}{2c}$$

$$\Delta W_{01} = W_1 - W_0 = \frac{f_0^2 + 2 f_0 z + z^2}{2c} - \frac{f_0^2}{2c} = \frac{f_0}{c} z + \frac{z^2}{2c}$$

alapján

$$\Delta W_A = \frac{f_0}{c} z - \frac{z^2}{2c} \quad \text{és} \quad W_B = - \frac{f_0}{c} z - \frac{z^2}{2c}$$

A fenti kifejezésekben f_0 a statikus besüllyedés, az M tömeg alatt.

A jármű energiaváltozása tehát:

$$\Delta W = (-Mgh) + \left(\frac{f_0}{c} z + \frac{z^2}{2c} \right) - \left(\frac{f_0}{c} z - \frac{z^2}{2c} \right)$$

$$\Delta W = - Mgh + \frac{z^2}{c}$$

A modell - mely M_R redukált tömegű és C_R redukált rugóállandójú - energiaváltozása:

$$\Delta W_R = - M_R \cdot g \cdot z + \frac{f_R}{C_R} \cdot z + \frac{z^2}{2 \cdot C_R}$$

ahol f_R a redukált rugó statikus besüllyedése az M_R tömeg alatt. Mivel:

$$f_R = M_R \cdot g \cdot C_R \quad / \cdot z$$

$$f_R \cdot z = M_R \cdot g \cdot C_R \cdot z$$

$$\frac{f_R \cdot z}{C_R} = M_R \cdot g \cdot z \quad \text{felhasználásával végül is}$$

$\Delta W_R = \frac{z^2}{2C_R}$ alakot kapjuk. Mivel a jármű és a modell energiaváltozása egyenlő

$$\Delta W_R = \Delta W, \text{ így}$$

$$M \cdot g \cdot h + \frac{z^2}{c} = \frac{z^2}{2C_R} \quad (5.1)$$

A h értéke nem hanyagolható el, s

$$h = R - R \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi) = R \left[1 - \left(1 - \frac{\varphi^2}{2} \right) \right] = R \frac{\varphi^2}{2}$$

alakot kapjuk.

Az ábra alapján viszont $z = \frac{s \cdot \varphi}{2}$, amelyből $\varphi = \frac{2z}{s}$.

$$\text{így } h = R \cdot \frac{\varphi^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot R \cdot \frac{4z^2}{s^2} = R \frac{2z^2}{s^2}$$

Ezeket az összefüggéseket visszahelyettesítve az 5.1 sz. kifejezésbe

$$- M \cdot g \cdot R \cdot \frac{2z^2}{s^2} + \frac{z^2}{c} = \frac{z^2}{2C_R}, \text{ amelyből a}$$

redukált rugóállandó:

$$C_R = \frac{1}{\frac{2}{c} - 4 Mg \frac{R}{s^2}}$$

A forgómozgás energiája alapján

$$\frac{\Theta_o \cdot \omega^2}{2} = \frac{M_R \cdot v^2}{2}, \text{ mivel pedig}$$

$$v = \frac{s}{2} \cdot \omega, \text{ így}$$

$$\frac{\Theta_o \cdot \omega^2}{2} = M_R \cdot \frac{s^2}{4} \cdot \omega^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{M_R \cdot s^2 \cdot \omega^2}{8}$$

Innen a redukált tömeg

$$M_R = \frac{4 \cdot \Theta_o}{s^2}$$

A redukált tömeg és rugóállandó ismeretében a támlolygás ω_t körfrekvenciája:

$$\omega_t = \sqrt{\frac{1}{M_R \cdot C_R}} = \sqrt{\frac{1}{\Theta_o} \frac{s^2}{2c} - Mg R}, \text{ továbbá}$$

$$f_t = \frac{\omega_t}{2\pi} \dots \text{ (Hz)}$$

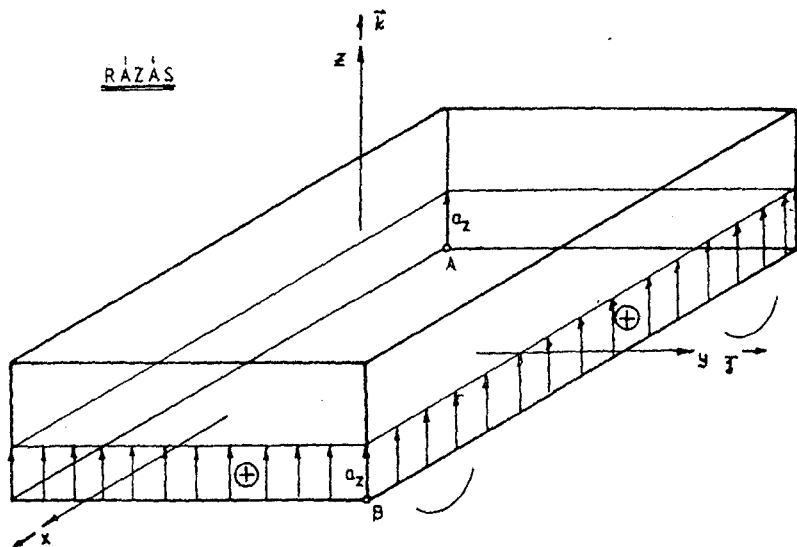
5.2 Kinematikai viszonyok

Az előzőekben ismertetett módon meghatározható az egy-lépcsős rugózású modell saját körfrekvenciája, illetve rezonancia frekvenciája rázás, támlolygás és bólintás esetén. Ezen típusú számítások mind "tisztá alaplengés" esetére érvényesek, s ezek alapján is lehetséges a különböző típusú gépjárművek lengéstani összehasonlítása. Az ilyen alapon történő összehasonlítás természetesen csak hozzávetőleges lehet, hiszen a modell nem tartalmazza a lengéscsillapítást egyik esetben sem, de a lengésjellemzők tendenciájának alakulására hasznos információt ad. Mivel a rázás, támlolygás és bólintás mint alaplengés során keletkezik közvetlenül, vagy közvetve "z" tengely irányú függőleges gyorsulás, így a többi alaplengés elemzésétől eltekintünk, hiszen a szállí-

tás során a rakomány szempontjából a függőleges irányú gyorsulások jelentik az egyik fő veszélyforrást. A következőkben összefoglaljuk az egyes alaplendégek során létrejövő gyorsulási viszonyokat.

Rázás: $a_R(t)$

A 46. sz. ábrán látható modell minden egyes pontjának gyorsulása azonos irányú és nagyságú, tehát a gyorsulásvektorok a függőleges z tengellyel párhuzamosak.



46. ábra
Rázás gyorsulás viszonyai

A rázás gyorsulás függvényének általános alakja a_R :

$$a_R = a_R(t) = a_z(t)$$

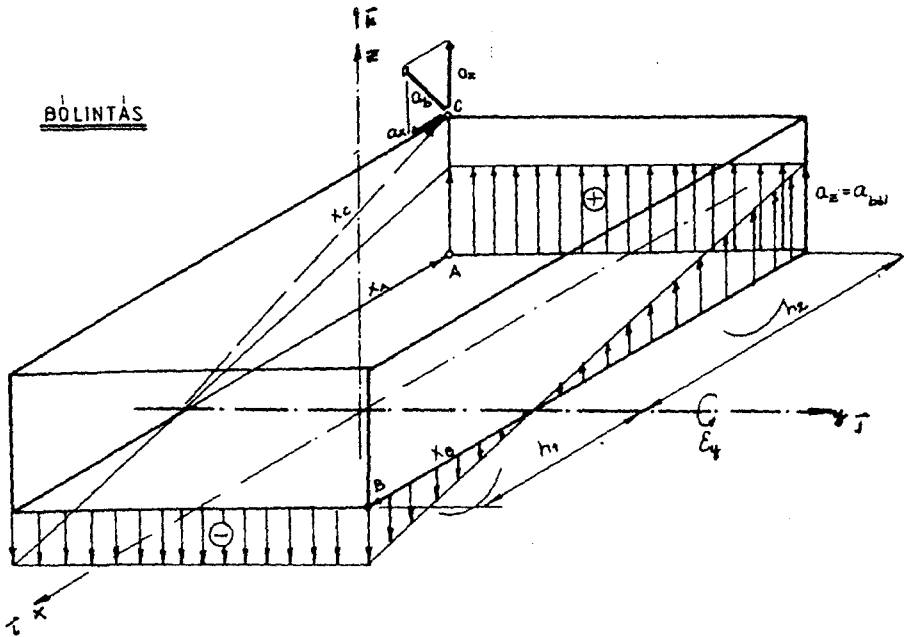
Matematikailag helyes megfogalmazás:

$$\vec{a}_R = \vec{a}_R(t) = \vec{a}_z(t) = a_z \cdot \vec{k}(t)$$

amelyből egyértelműen következik, hogy a modell minden pontjának gyorsulása azonos, függetlenül a vonatkoztatási ponttól (a gyorsulás nagysága nem helyfüggő), csak az idő függvénye.

Bólintás: $a_b(t)$

BOLINTÁS



47. ábra
Bólintás gyorsulás viszonyai

A bólintás esetén a modell y tengelye körül szöglenqést végez, mely forgómozgás szöggyorsulása ξ_y nagyságú. A mozgás során tangenciális gyorsulás ébred, s a 47. sz. ábra c. pontjához rendelhető gyorsulás nagysága:

$$a_b = x_c \cdot \xi_y \dots\dots, \text{ ahol}$$

x_c a vonatkoztatási pontnak a forgástengelytől mért merőleges távolsága.

A gyorsulásvektor viszont felbontható x és z irányú komponensekre

$$\vec{a}_b = \vec{a}_x + \vec{a}_z \text{ vagy } a_b = \sqrt{a_x^2 + a_z^2}$$

Skaláris megfogalmazásban a bólintás gyorsulás függvénye a modell tetszőleges pontjára vonatkoztatva:

$$a_b(t) = x_i \cdot \xi_y(t) = \sqrt{[a_x^b(t)]^2 + [a_z^b(t)]^2}$$

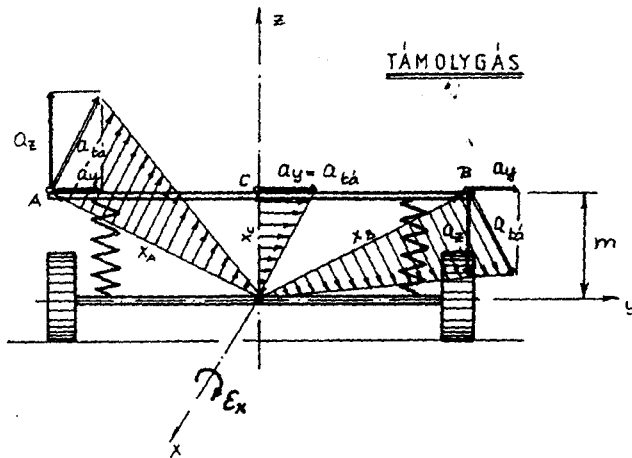
ahol x_i az i -edik pont merőleges távolsága a forgástengelytől; a_x^b és a_z^b a gyorsulásvektor x és z irányú vetületének nagysága.

Támolygás: $a_{tm}(t)$

A járműmodell az x hossz tengelye körül végez az y - z függőleges síkban lengést, melynek szöggyorsulása $\xi_x(t)$. A 48. sz. ábra alapján az i -edik pont gyorsulásállapota támolygás esetén

$$a_{tm}(t) = x_i \cdot \xi_x(t) = \sqrt{[a_y^{tm}(t)]^2 + [a_z^{tm}(t)]^2}$$

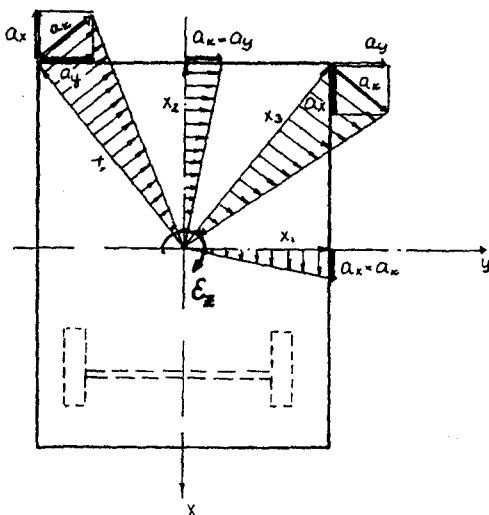
ahol x_i a vonatkoztatási pont merőleges távolsága 0 ponton átmenő forgástengelytől.



48. ábra
Támolygás gyorsulásviszonyai

Kígyózás: $a_K(t)$

A modell a z függőleges tengelye körül végez az x-y síkban lengést, melynek szöggyorsulása $\xi_z(t)$



KÍGYÓZÁS

49. ábra
Kígyózás gyorsulásviszonyai

A 49. sz. ábra alapján az i-edik pont gyorsulásállapota kígyózás esetén

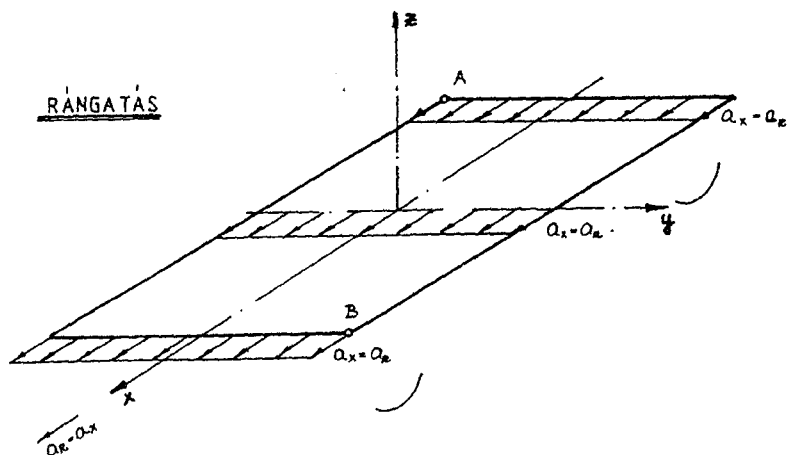
$$a_K(t) = x_i \cdot \xi_z(t) = \sqrt{\left[a_x^K(t) \right]^2 + \left[a_y^K(t) \right]^2}$$

ahol x_i a vonatkoztatási pont merőleges távolsága a forgástengelytől.

Rántgatás: $a_{rn}(t)$

Rántgatás esetén a modell vízszintes síkban az x tengely irányában (ill. vele párhuzamosan) végez a_x nagyságú lengést (50. sz. ábra). Gyorsulás függvénye:

$$a_{rn}(t) = a_x(t)$$



50. ábra
A rángatás gyorsulás viszonyai

Szítálás: $a_{sz}(t)$

A modell vízszintes síkban az y kereszt tengelye mentén végez $a_{sz}(t)$ nagyságú lengést (51. sz. ábra). Gyorsulás-függvénye:

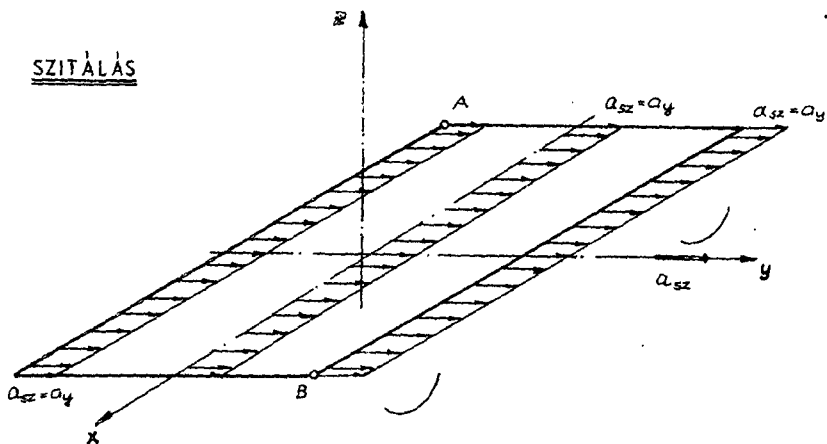
$$a_{sz}(t) = a_y(t)$$

Az eddig tárgyalt alaplendések önmagukban "tisztán" csak nagyon ritkán jönnek létre. A valóságban a jármű menetdinamikai állapotától és a gerjesztéstől - az útfelület minőségétől - függően ezen alaplendések különböző kombinációi alakulnak ki. Könnyen belátható, hogy az egyes tengelyek irányában mérhető gyorsulásértékek a különböző alaplendésekből származó, megfelelő tengelyirányú gyorsulások szuperponálásából alakulnak ki. Ennek megfelelően a különböző tengelyirányú gyorsulások a következőképpen számíthatók:

X tengely irányában: $a_x(t)$

$$a_x(t) = a_x^b(t) + a_x^k(t) + a_x^{rn}(t)$$

$a_x(t)$ bólintás, kigyózás, rántgatás



51. ábra
Szitálás gyorsulásviszonyai

Z tengely irányában: $a_z(t)$

$$a_z(t) = a_z^b(t) + a_z^r(t) + a_z^{tm}(t)$$

$a_z(t)$ bólintás, rázás, támolygás

Y tengely irányában: $a_y(t)$

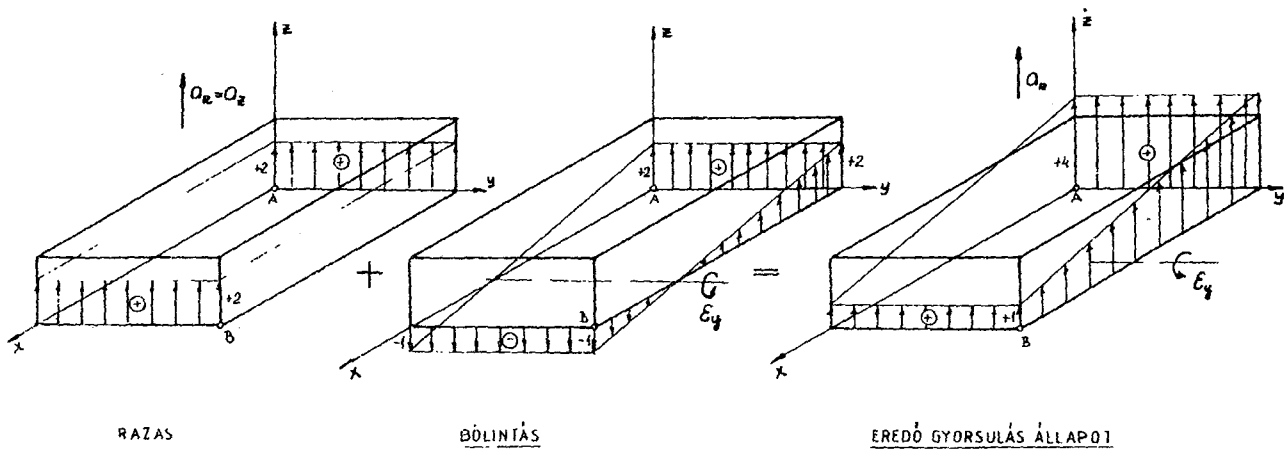
$$a_y(t) = a_y^{tm}(t) + a_y^k(t) + a_y^{sz}(t)$$

$a_y(t)$ támolygás, kígyózás, szitálás

A három tengelyirányú gyorsulás meghatározása után a modell, s így a gépjármű bármely pontjának eredő gyorsulás függvénye meghatározható, mégpedig

$$a(t) = \sqrt{a_x^2(t) + a_y^2(t) + a_z^2(t)} \text{ alakban.}$$

A fenti kifejezés alapján a modell több pontjára meghatározva az idő függvényében a gyorsulások értékeit axonometrikusan ábrázolva, átfogó képet kaphatunk pl. a rakfelület teljes felületének gyorsulásviszonyairól. Erre mutat példát az 52. sz. ábra.



52. ábra
 Rázás és bőlintás együttes bekövetkezésekor kialakuló gyorsulások

Az ábrán a rázás és bólintás együttes bekövetkezésének gyorsulásviszonyait rajzoltuk meg. Ez az eset pl. kockaköves úton történő pillanatnyi fékezéskor valósulhat meg a gyakorlatban. Az ábra alapján a rázáskor az A és B pont a gyorsulása megegyezik, azaz $a_r = 2 \text{ (m/s}^2\text{)}$. A bólintás esetén az A pont gyorsulása $a_p = 2 \text{ (m/s}^2\text{)}$, a B pont gyorsulása $a_b = -1 \text{ (m/s}^2\text{)}$. Természetesen ezen értékek azonos $t = t_i$ időpontra vonatkoznak. A létrejövő eredő lengőmozgás során az eredő gyorsulások

$$\text{A pontban: } a(t_i) = +4 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

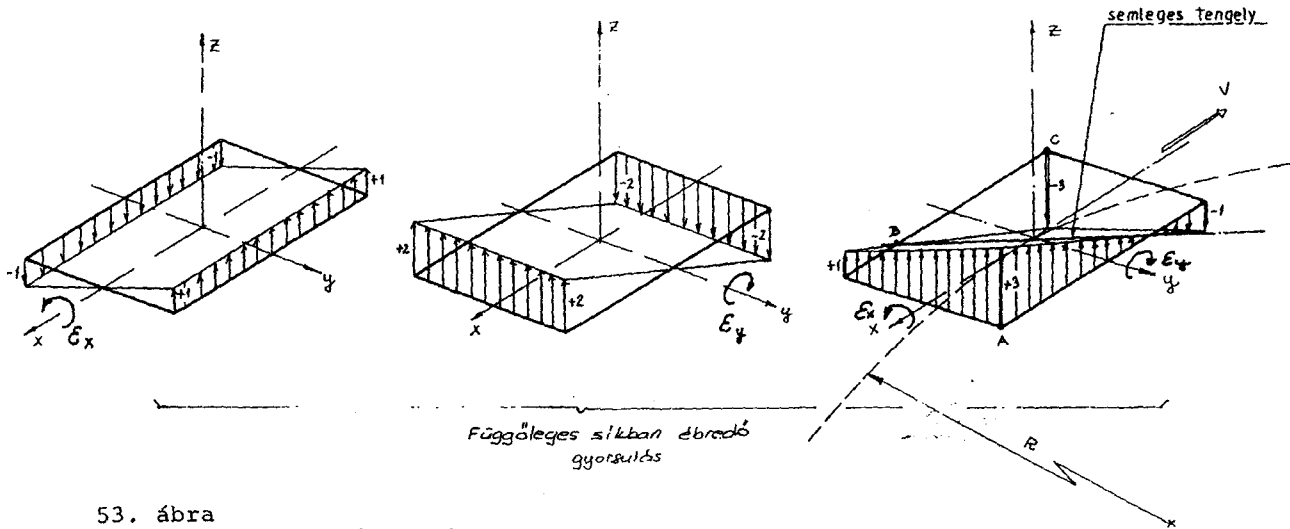
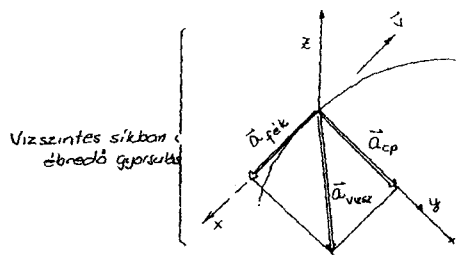
$$\text{B pontban: } a(t_i) = +1 \text{ (m/s}^2\text{)} \text{ értékűek lesznek.}$$

A példából egyértelműen kitűnik, hogy a valóságos esetekben - mely ennél a példánál összetettebb - a plató egyes pontjaiban ébredő gyorsulások között nagymérvű különbségek adódhatnak. Továbbá az alaplengések mindegyikének külön-külön jól meghatározható frekvenciája van, így az eddig megrajzolt gyorsulásábrák időben váltakozó előjellel értendők. Az egyes lengések gyorsulás komponensek időben gyengíthetők, illetve erősíthetők egymást, ennek megfelelően az eredő tengelyirányú gyorsulások időben erősen változhatnak ugyanazon pontban.

5.3 Mérés módszere

A mérések fő célja a rakfelület gyorsulásviszonyainak feltérképezése, melynek felhasználásával lehetőség nyílik a rakomány rögzítésére szolgáló eszközök szilárdsági méretezésére. Az eddig tárgyalt alaplengések kombinációjából létrejövő eredő lengések esetén is meghatározható a rakfelület térbeni gyorsulásfüggvénye (52. ábra), melynek időfüggő ábrázolásával a gyorsulások maximális értékének meghatározása mellett, a semleges tengelyvándorlás nagyságának szélső értékeit is meghatározhatjuk a rakfelület szimmetria-tengelyeihez képest.

Amennyiben ismeretesek az egyes tengelyektől mért távolságok, úgy akkor kijelölhető minden jármű esetén egy olyan A_s szektor, mely szektor bármely pontjának eredő gyorsulásértéke kisebb, mint az A_s területen kívül eső pontoké. Az A_s - nevezük később tömegközéppont területnek - ismeretében viszont egyértelműen kijelölhetjük a rakomány tömegközéppontjának a helyét, s ezzel biztosíthatjuk, hogy a rakományban ébredő gyorsulások, illetve tömegezők a legkisebbek legyenek. Azon esetben, ha a rakomány tömegközéppontja nem esik ezen A_s szektoron belülre, akkor a merev testszerű mozgás



53. ábra
Mérési pontok kiválasztása

során jelentős járulékos gyorsulások, illetve tömegerők terhelik a rakományt, s így a rakományrögzítő elemeket is.

A mérési pontok kiválasztását illetően tekintsük a következőket. Az 53. sz. ábrán látható modell egy R sugarú ívben v sebességről $a_{fék}$ féklással fékez.

Ez a példa azt az esetet ábrázolja, amikor a jármű v sebességű egyenletes, egyenesvonalú mozgást végez, s a fékezés pillanatában egy R sugarú pályára kanyarodik.

Ekkor a jármű az x és y tengelye körül egyidejűleg $\xi_x(t)$ és $\xi_y(t)$ szöggyorsulással forgómozgást végez, s a rakfelület kibillen az eredeti síkjából. Az ábrákon most kizárólag a szöggyorsulásokból adódó $a_z(t) = a_z(t)$ "z" tengelyirányú, tehát függőleges gyorsulásokat rajzoltunk meg, illetve ezen gyorsulások eredőjét. Világosan kitűnik, hogy a rakfelület egyes pontjaikon ébredő eredő függőleges gyorsulásértékek jelentősen eltérnek egymástól mind előjel, mind pedig nagyság szempontjából.

A mozgás során vízszintes síkban két gyorsulással számolhatunk, mégpedig az x tengely irányában $a_x(t) = a_f(t)$ féklással, az y tengely irányában $a_y(t) = a_{cp}(t)$ centripetális gyorsulással. Az 53. sz. ábra koordináta-rendszerében ezen gyorsulások pozitív előjelűek, s a rakfelület minden egyes pontjában azonos nagyságúak és irányításúak!

Skaláris alakban a vízszintes síkban ható gyorsulások eredője: $a_v(t)$

$$a_v(t) = \sqrt{a_f^2(t) + a_{cp}^2(t)} \quad \text{számítható, vektorális}$$

alakban pedig:

$$\vec{a}_v(t) = a_f(t) \vec{i} + a_{cp}(t) \vec{j}.$$

Egy tetszőleges pont eredő gyorsulását a fenti eredmények alapján a $(t)_i$

$$a(t)_i = \sqrt{a_v^2(t) + a_z^2(t)_i} = \sqrt{a_f^2(t) + a_{cp}^2(t) + a_z^2(t)_i}$$

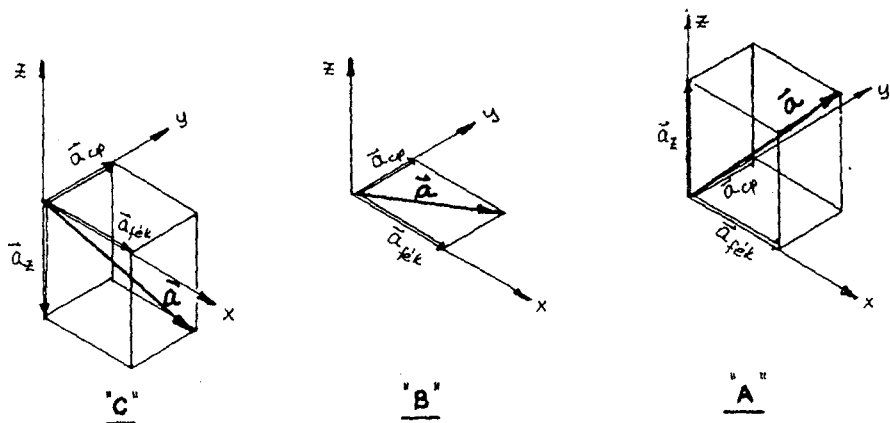
(1.)

alakban számíthatjuk.

Vektoriális alakban pedig: $\vec{a}(t)_i$

$$\vec{a}(t)_i = \vec{i} a_f(t) + \vec{j} a_{cp}(t) + \vec{k} a_z(t)_i \quad (2.)$$

Az 54. sz. ábrán a rakfelület A, B és C pontjaiban ébredő eredő gyorsulást láthatjuk.



54. ábra

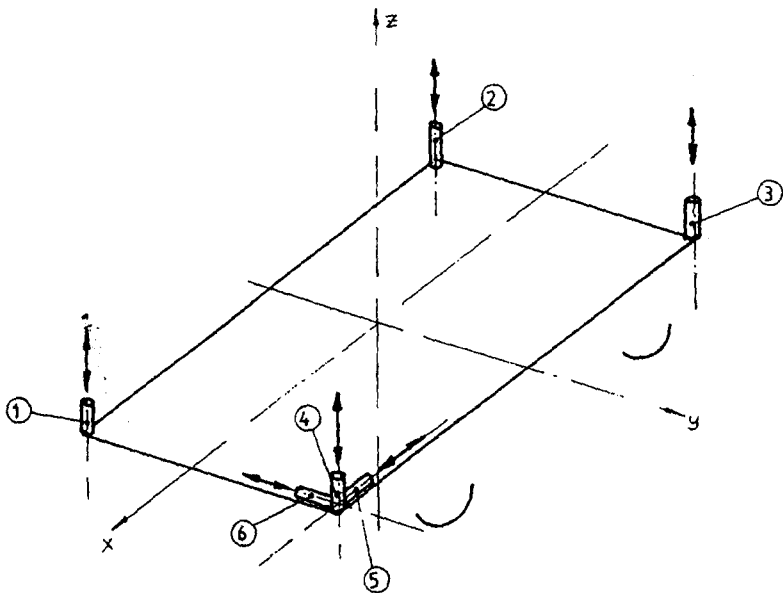
Eredő gyorsulás a rakfelület különböző pontjaiban

A fenti példa elemzéséből világosan kitűnik, hogy a legnagyobb gyorsulások, s így tömegerek is a rakfelület sarokpontjaiban ébrednek, s ahhoz, hogy az 53. ábrán látható függőleges irányú gyorsulásábrát meghatározhassuk a rakfelület négy sarokpontjában kell mérni a gyorsulást. A fékezés és a kanyarodás következtében fellépő a_f és a_{cp} gyorsulások mérésére további két gyorsulásérzékelőt kell elhelyeznünk a rakfelületen.

A gyorsulásadó elhelyezését az 55. sz. ábrán láthatjuk. Az 1, 2, 3, és 4. számú gyorsulásadó a "z" függőleges irányú, az 5. sz. az "x" tengelyirányú - tehát a haladás irányában - s végül a 6. sz. gyorsulásadó az "y" tengelyirányú - a haladás irányára merőlegesen ébredő gyorsulásokat regisztrálja az idő függvényében. A hat gyorsulásadó mérési eredményeinek ismeretében egyértelműen meghatározható, illetve megrajzolható az idő függvényében az 53. sz. és az 54. sz. ábrákhoz hasonlóan a rakfelület gyorsulásviszonyai,

a semleges tengely helye, továbbá az 1. és 2. egyenletek alapján a kritikusnak ítélt pontok eredő gyorsulásának nagysága, illetve térbeli irányítása is.

A gyakorlati tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a borulás - a rakomány felborulása, megcsúszása a rakfelületen, vagy a jármű felborulása - leggyakrabban szűk ívű fordulással egyidejűleg fellépő fékezéskor, vagy gyorsításakor következik be. Ennek az esetnek az elemzésére - az előbbi esetpélda alapján - az 55. sz. ábrán vázolt mérési elrendezés a legalkalmasabb. Ezt azért hangsúlyozzuk, hiszen a hat gyorsulásadó elhelyezésére még számtalan elrendezési lehetőség adódna.



55. ábra
Gyorsulásadók elhelyezése a rakfelületen

5.4 Mérési esetek, eredmények

A különböző körülmények között végrehajtott mérések - változó útminőség, változó terhelés, változó sebesség, út-vasút átjáróban történő áthaladás - eredményei alapján nemcsak a gépjárművet, de az útfelületet is tudjuk minősíteni, hiszen a mérési eredményeink az út-gépjármű rendszer együttes viselkedését írják le.

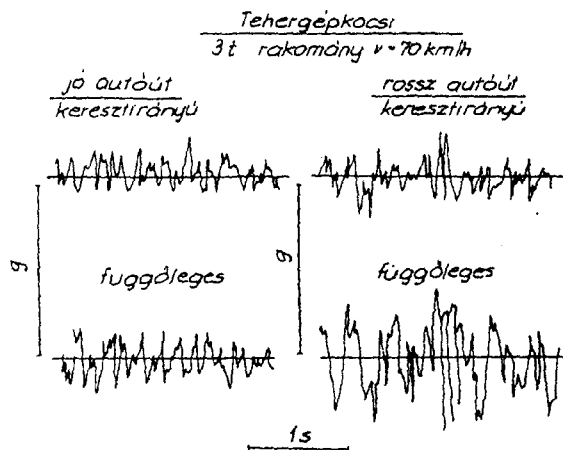
A mérések során nagy hangsúlyt kell fektetni az ún. dinamikus esetekre. Ilyen például a gépjármű áthaladása út-vasút átjárón (feltételezve, hogy a két felület nincs szintben), amely jelentős impulzusgerjesztést jelent a gépjármű, s így a rakomány szempontjából is.

Továbbá kritikusnak minősíthető a gépjárművel kanyarodás közbeni hirtelen vékezés vagy gyorsítás is.

A "dinamikus" jellegű eseteknél jelentős tömegerők lépnek fel, melyek a rakomány felborulását, illetve a rögzítő eszközök törését, szakadását okozhatják.

A "statikus" jellegű eseteknél - egyenes vonalú, egyenletes sebességű haladás - fő cél a rezonancia frekvencia meghatározása.

5 t teherbírású pótkocsis tehergépkocsival végzett kísérleti mérések eredményei (56. sz. ábra) összesítéséből, itt is figyelembe véve a pályaadottságokat, a menetsebességet és a rakomány tömegét, arra lehet következtetni, hogy a közúti szállításnál menet közben fellépő gyorsulások csúcscértékei (57. sz. ábra) általában 0,2-2 g között vannak.

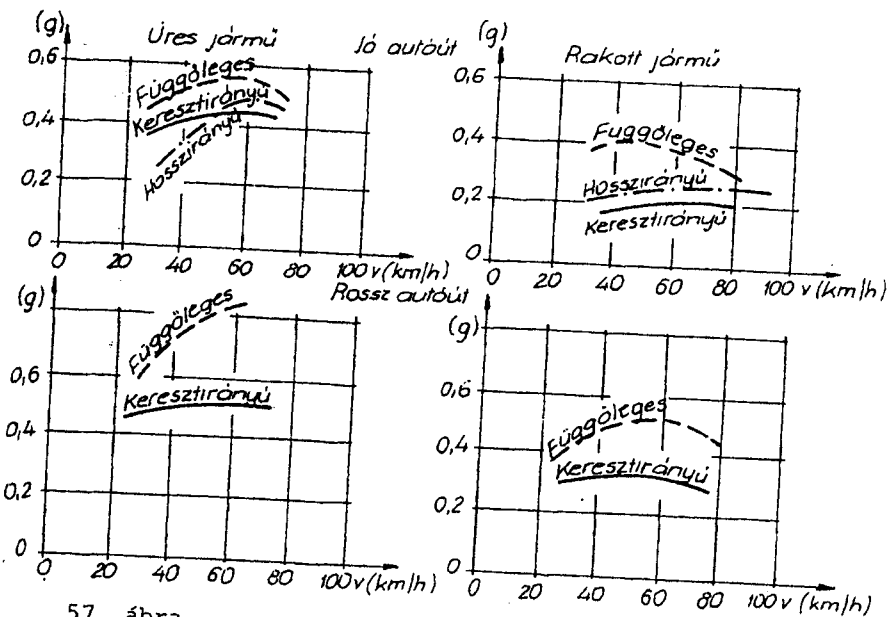


56. ábra
Tehergépkocsi rakfelületén menet közben mért gyorsulások diagramja

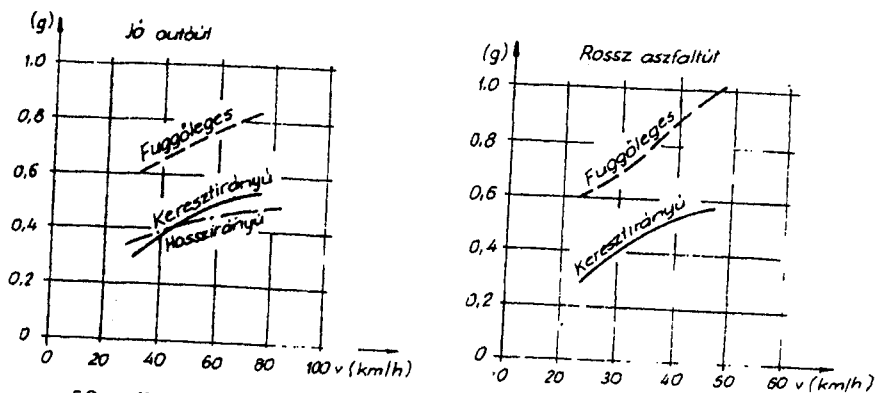
A frekvenciatartomány 10-30 Hz.

A vízszintes gyorsulások, mind menetirányban, mind arra merőlegesen kisebbek, mint a függőleges irányuló gyorsulások.

A közúti pótkocsik esetében a függőleges irányú gyorsulások elérik az 1 g-ot (az oszcillogramokban itt egyébként, elszórtan 2 g nagyságú gyorsulások is előfordulnak).



57. ábra
Tehergépkocsi rakfelületén menet közben mért gyorsulások alakulása



58. ábra
Közúti pótkocsi rakfelületén menet közben mért gyorsulások alakulása

Az 58. ábrából látható, hogy 70 km/h sebesség felett a pótkocsin mind a függőleges, mind a keresztirányú gyorsulások még tovább növekednek.

IV. Csomagolástechnikai alapismeretek

1. Általános ismeretek

1.1 A csomagolás fogalma és feladatai

A csomagolás kettős értelemben használatos fogalom. Meghatározott célú tevékenységet (a termékek számára ideiglenes védőburkolatot kialakító munkafolyamatok összességét), ugyanakkor annak eredményét (az ideiglenes védőburkolatot és a benne levő árut együttesen) is jelenti.

A csomagolás a megtermelt anyagi javak döntő többségét (egyes felmérések szerint a termékválaszték mintegy 98-99%-át) az előállítástól a felhasználásig végigkíséri. Feladatköre az alábbi elemekből áll:

- célszerű egységbefogás,
- külső hatások elleni védelem,
- a környezet védelme a termék hatásaival szemben,
- az értékesítés elősegítése,
- a fogyasztás (felhasználás) megkönnyítése.

A felsorolás jól szemlélteti, hogy a csomagolás szerves része az anyagi mozgásfolyamatok (szállítás, raktározás, anyagmozgatás, értékesítés) rendszerének. Részben azok elemei közötti összekötő kapocs, részben gazdaságos végrehajtásuk előfeltétele.

a) A termék célszerű egységbefogása

A szállítás, tárolás és elosztás során egyaránt kiemelkedő fontosságú feladat. Jelentősen befolyásolja az árukezeléssel kapcsolatos élő- és holtmunkaigényt, a számításba vehető gépeket, eszközöket és technológiákat.

A kisebb árudarabok vagy csomagolások összefoqása nagyobb egységbe lehetővé teszi a rakodás meggyorsítását, az anyagmozgató gépek jobb kihasználását, a nyilvántartási és egyéb adminisztrációs (átadás, átvétel, darabszámlálás stb.) munka csökkentését. A tárolás során a helyesen megválasztott csomagolási egységek révén növekedik a be- és kitárolási kapacitás, az egységnyi rakterületen, illetve raktér-fogatbar elhelyezhető árumennyiség. A kereskedelmi raktárakban csökken az árueosztással kapcsolatos tevékenység.

A csomagolás mérete és tömege azonban - bár erre az előbbi szempontok ösztönzőleg hatnak - nem növelhető tet-

szőlegetesen. A méret, ill. a tömeg megválasztásakor feltétlenül tekintetbe kell venni:

- a szállítóeszköz teherbíró-képességét és rakodóterének, valamint nyílászáró szerkezeteinek (ajtó) kialakítását.
- a rakodás módját (kézi, gépi, utóbbi esetben a rendelkezésre álló anyagmozgató gépek jellemzői),
- a be- és kitárolás technológiáját,
- a halmazolhatóság lehetőségeit és
- a leggyakrabban felmerülő elosztási igényeket.

b) Külső hatások elleni védelem

A termékekre a környezet különböző hatásokat, ún. szállítási és tárolási igénybevételeket fejt ki. Ezek három forrásra vezethetők vissza, úgymint:

- közvetlen emberi beavatkozás (pl. árumozgatás),
- közvetett emberi beavatkozás (általános, környezet-befolyásoló tevékenység, pl. iparosítás miatt a levegő szennyezése),
- természeti környezet (időjárás, biológiai tényezők).

A hatások a legkülönbözőbb formában és összetételben jelentkezhetnek. Így az egyes termékekre - jellemzőiktől függően - eltérő veszélyforrást jelentenek. A csomagolást ezért mindenkor az áru tulajdonságai és a várható igénybevételek egyidejű mérlegelésével kell megtervezni.

c) A környezet védelme a termék hatásaival szemben

Egyes termékek kellemetlen mértékben szennyezhetik, vagy veszélyes mértékben károsíthatják a környezetükben levő élő szervezeteket, ill. tárgyakat. Ez bekövetkezhet:

- közvetlen érintkezéssel (pl. maró anyagok),
- közvetítő közeg segítségével (pl. por alakú szennyező anyagok a légmozgás útján) és
- közvetítő közeg nélkül (pl. radioaktív anyagok).

A csomagolás fontos feladata az ilyen jellegű tartalom körül a káros hatások érvényesülését kiküszöbölő, elkülönített, jól zárt tér kialakítása.

d) Az értékelés elősegítése

Az áruválaszték bővülésével, az önkiszolgáló értékesítési rendszer fejlődésével egyre inkább előtérbe lépő feladat. Ma már a vásárló döntésében számottevő szerepe van a külső megjelenésnek, a figyelemfelkeltő és vételre ösztönző jellegnek, vagyis a csomagolás reklámhatásának.

A csomagolás értékesítést elősegítő jellege a következő tényezőkben jelentkezik:

- vonzó megjelenés, figyelemfelkeltés, emlékkép megőrzésre való alkalmasság,
- a fogyasztói érdekek szem előtt tartása,
- egyéb vásárlásra ösztönző elemek.

A vonzó megjelenés a termék legfontosabb tulajdonságait, rendeltetését vagy használatát - a mai kor emberének esztétikai igényeit is - kifejező anyag, forma, szín, szerkezet és grafika megválasztásával érhető el. Ha a felsorolt elemeket eredeti módon, ötletesen alkalmazzák, a csomagolás számos más áru között is felhívja magára a figyelmet, megismétlődő vásárlást elősegítő emlékképet rögzít a fogyasztóban.

A fogyasztói érdekeket szolgálja a csomagolás, ha olyan mennyiségben adagolja a terméket, amelyet a vásárló egyidejűleg felhasznált, vagy célszerűnek tart megvenni. Ide tartozik a helyes tájékoztatás is az áru tulajdonságairól, beleértve az árat és a felhasználás módját. Végül, de nem utolsósorban említendő követelmény, hogy a teljes felhasználásig azonos értékű mennyiségi és minőségi védelmet nyújtson a termék számára.

Az egyéb vásárlásra ösztönző elemek között említhető a csomagolás ajándékozássra alkalmas jellege, a csomagolóeszköz felhasználhatósága egyéb célokra, a kezelést, felhasználást megkönnyítő kialakítás.

e) A fogyasztás (felhasználás) könnyítése

A korszerű csomagolás számos eszközzel nyújthat segítséget a tartalom minél egyszerűbb, kevesebb élőmunkát igénylő felhasználásához.
Így például:

- egyszerűsíti a felhasználásra való előkészítést (adagcsomagolásnál nincs szükség mérésre, számlálásra),
- megkönnyíti a felhasználási folyamatot (aeroszol-csomagolásból a festék egyetlen gombnyomással felvihető a felületre),

- csökkenti vagy szükségtelenné teszi az utólagos műveleteket (főzhető csomagolásnál elmarad a mosogatás).

1.2 A csomagolás alapformái

A csomagolásnak - alapvető feladatai szerint - három fő formája ismeretes, úgymint:

- szállítási,
- gyűjtő- és
- fogyasztói csomagolás.

Az egyes megjelenési formák elsősorban betöltendő szerepük alapján határolhatók el egymástól. A szállítási csomagolásban inkább az áru-, illetve a környezetvédelmi feladat, a gyűjtőcsomagolásban az elosztás, nyilvántartás megkönnyítése, a fogyasztói csomagolásban az értékesítést és felhasználást elősegítő jelleg domborodik ki.

Az elkülönítés nem mindenkor könnyű, mert a körülményektől függően, átfedések lehetségesek. Így pl. a mosógép vagy hűtőszekrény papírládája egyszerre szállítási és fogyasztói csomagolóeszköz. A tíz doboz gyufát tartalmazó papírburkolat fogyasztói jellegű, ha egyben értékesítik, de gyűjtőcsomagolás, ha feltépvé a gyufát dobozonként adják el.

A szállítási csomagolás az elfogadott terminológia szerint "a külső hatások ellen védelmet nyújtó, ill. a termék esetleges káros hatásaival szemben a környezetet védő, továbbá az egységbe fogást, mozgatást, tárolást és szállítást megkönnyítő, általában összetett jellegű csomagolási forma". Külső megjelenésének kisebb fontosságot tulajdonítanak, bár az utóbbi időben ennek is mind nagyobb jelentősége van. ("A jó szállítási csomagolás mozgó hirdetőoszlop" - vallja számos csomagolási reklámszakember).

A különböző, egymástól eltérő jellegű hatások elleni komplex védelem általában többretegű szállítási csomagolást igényel. Az ún. külső csomagolás érintkezik a környezettel, és a durvább mechanikai (ütés, nyomás stb.), valamint a klímahatások egy része ellen (pl. por, állati kártevők) kell védelmet nyújtania.

Megfelelő belső csomagolással viszont az áru tehetetlenségéből származó dinamikai igénybevételek (pl. ejtéskor) és a klímahatások másik csoportjával szemben (pl. légnedvesség) lehet megóvni a terméket. Az erőhatások ellen az ún. párnázás, a klímahatásokkal szemben pedig a bélelés nyújt védelmet.

A gyűjtőcsomagolás a szállítási és a fogyasztói csomagolás között foglal helyet. Alapvető feladata - mint már

érintettük - a nyilvántartás, árukezelés és tárolás megkönnyítése, meghatározott mennyiségű csomagolt vagy csomagolatlan termék összefogása, nagyobb egységbe.

Bár általában eljut a kiskereskedelemig, magához a vásárlóhoz már többnyire nem. A külső megjelenéssel kapcsolatos igények így bizonyos mértékig korlátozottak. Kivételt csak az ún. bemutató gyűjtőcsomagolások (a fogyasztói csomagolást a többnyire sajátosan kiképzett gyűjtő csomagolóeszközben helyezik el az eladótérben és a vásárló ebből választ: általában önkiszolgáló üzletekben alkalmazzák) jelentenek, amelyeknek reklámfeladata is van.

A gyűjtőcsomagolás célszerű és helyes méretezése elősegítheti a szállítási csomagolást is védő feladatának betöltésében. Leggyakoribb változatai a papír- vagy műanyag fóliaburkolat, illetve a papírlemez doboz. Érzéketlen árukhoz elegendő lehet a kötegelés is, pántoló szalaggal, huzallal, zsineggel.

A fogyasztói csomagolás a terméket a felhasználásig kísérendő - önmagában szállításra többnyire alkalmatlan - ideiglenes védőburkolat.

A behelyezett - többnyire kis - árumennyiség megóvása mellett feladata az esztétikus megjelenés, a fogyasztó érdekeit szolgáló méret és tömeg, a megfelelő tájékoztatás, a könnyű kezelhetőség, a tartalom felhasználásának megkönnyítése. Ez a csomagolási forma tehát fokozottan törekszik a fogyasztói szempontok érvényre juttatására, a vásárló döntésének megkönnyítésére, minden túlzó befolyásolási szándék nélkül.

1.3 A csomagolás gazdasági vonatkozásai

a) A csomagolóipar gazdasági jelentősége

A csomagolóipar a nemzetközi gyakorlatban elfogadott statisztikai fogalom, amely nem jelent egyetlen országban sem szervezetileg önállóan létező nemzetgazdasági ágazatot, mint pl. az élelmiszeripar vagy a gyógyszeripar. A csomagolóipar lényegét tekintve, az azonos cél érdekében tevékenységet folytató, műszakilag egymásra utalt, de egyéb vonatkozásokban általában elhatárolt gazdasági egységek összessége. Ide tartoznak a csomagolás fejlesztésében, végrehajtásában, a szükséges anyagok, eszközök, gépek és berendezések előállításában érdekelt önálló gazdasági szervezetek (vállalatok, intézetek stb.) és részlegek (pl. csomagoló műhelyek).

A csomagolás gazdasági szerepének megítélésakor abból kell kiindulni, hogy bár szükségyszerű, de nem termelő jellegű munkáról van szó. A csomagolás - mint feladatai össze-

foglalásakor láttuk - tulajdonképpen kiegészítő, részben a termeléssel és elosztással, részben az értékesítéssel és felhasználással összefüggő szolgáltató jellegű tevékenység. Fejlettsége, illetve fejlesztésének szükségessége ezért sohasem szakítható el a nemzetgazdaság egészének helyzetétől. Kiegyensúlyozott egészséges gazdaságban a bruttó csomagoló-szer-felhasználás, valamint a nemzeti jövedelem között szoros korreláció van.

A fejlett csomagolóiparra általában a 45-50% papír és 12-15% feletti műanyag-felhasználás a jellemző. Az egyes csomagolóanyagok nagyfokú felcserélhetősége miatt (különösen a fogyasztói csomagolásban) fontosabb mutató a papír, a műanyag és a fém együttes felhasználási aránya. Ez a fejlett csomagolóiparú államokban már 80% felett van.

b) A csomagolás gazdaságossága

A csomagolási ráfordítások alakulását nem véletlenül és nem is alaptalanul tartják az adott gazdaság fejlettsége és a lakosság életszínvonala egyik mutatójának. Nem lehet azonban megfelelkezni arról sem, hogy - mint már említettük - a csomagolóipar végső soron új, elfogyasztható árukat nem termel. A csomagolási költségeket tehát csak addig célszerű - és a társadalom számára hasznos - növelni, amíg az valamilyen formában megtérül.

Az elsődleges megtérülési forrás a megtermelt áruk védelme, vagyis az, hogy a csomagolás révén csökken a mennyiségi és a minőségi veszteség. A csomagolási ráfordításokat addig célszerű növelni, amíg a károk csökkenésének várható mértéke nagyobb, mint a jobb csomagolásra fordított többletköltség. Matematikai formában kifejezve követelmény, hogy

$$H_1 = \frac{K_1 - K_2}{E_2 - E_1} \geq 1$$

ahol

- K_1 - a várható kár nagysága az olcsóbb csomagolás esetén,
- K_2 - a várható kár nagysága a drágább csomagolásnál,
- E_1 - az olcsóbb csomagolás ráfordításai,
- E_2 - a drágább csomagolás ráfordításai.

Előnyös a csomagolási ráfordítások növelése akkor is, ha ezzel más területeken, pl. az árelosztásban vagy az eladás, illetve a felhasználás során érhető el megtakarítás. Ilyen esetben a képlet így alakul:

$$H_2 = \frac{M}{E_2 - E_1} \approx 1$$

ahol

M - az elérhető megtakarítás.

Gazdaságosabb a jobb csomagolás minden más esetben is, ha így több termék vagy ugyanaz a termék a nagyobb "szolgáltatási fok" révén magasabb áron adható el. A csomagolási költségek növelésének ésszerű határa ekkor az alábbi képlettel számítható:

$$H_3 = \frac{B_2 - B_1}{E_2 - E_1} \approx 1$$

ahol

B_2 - összes bevétel a drágább csomagolásnál,

B_1 - összes bevétel az olcsóbb csomagolásnál.

A gyakorlatban az egyes tényezőket nem külön-külön, hanem kölcsönhatásaikra is tekintettel, összevontan kell elemezni. A gazdasági követelményt így az a csomagolás elégíti ki, amelyre érvényes, hogy

$$H = \frac{(K_1 - K_2) + M + (B_2 - B_1)}{E_2 - E_1} \geq 1,$$

Az ismertetett szempontoktól eltérni csak különleges érdekek esetén célszerű. Így mintaküldemények, nehezen vagy egyáltalán nem pótolható áruk csomagolásakor, ha valamely piacot még csökkentett haszon mellett is érdemes megtartani stb.

2. Csomagolóanyagok és eszközök

2.1 Alapfogalmak

A csomagolások előállításához csomagolóanyagokra, -eszközökre és segédanyagokra van szükség.

A csomagolóanyag a termék ideiglenes védőburkolatának elsődleges eleme. Általában csomagolóeszközzé alakítják, de egyes fajtái közvetlenül is felhasználhatók.

A csomagolóeszköz általában ipari tevékenység útján előállított és a termékek befogadására alkalmas, meghatározott anyagú, szerkezetű, alakú ideiglenes védőburkolat

csomagolási segédanyag valamely termék csomagolásánar. járulékos kelléke, vagy alkateleme (pl. záróelem, címke).

A csomagolószerszám a csomagolóanyagok, - eszközök és segédanyagok közös gyűjtőfogalma. Adott csomagolóanyag fajtát és az abból előállítható segédanyagok, csomagolóeszközök összességét jelenti. A hazai gyakorlat megkülönböztet:

- papír,
- fa,
- fém,
- üveg,
- műanyag,
- textil és
- kombinált csomagolószereket.

2.2 Papír alapú csomagolószerek

A papír kuszált, szabálytalanul egymást keresztező rostok elemi szálaiból készített lap. Alapanyaga elsősorban növényi eredetű (faköszörület, szalma, rongy, hulladékpapír). Felhasználnak állati (pl. gyapjuú), ásványi (azbeszt stb.) és mesterséges úton előállított (pl. polaimid) rostanyagokat is. Két fő csoportra bontható, mégpedig a 0,180 kg/gajlagos tömeg alatti papírokra és a 180 kg/m² feletti papírlémezekre.

a) Csomagolópapírok

A csomagolópapír gyártása a következő szakaszokból áll:

- a nyersanyag előkészítése,
- a pépkészítés,
- a péptárolás, szabályozás, tisztítás,
- lapképzés és
- kiszerezés.

A csomagolópapírok egy részét a gépről lekerülve közvetlenül használják fel, míg a többit továbbfeldolgozásnak vetik alá. Ennek megfelelően a csomagolópapír lehet:

- nyers állapotban felhasznált,
- mechanikai úton alakított,
- felületileg vagy anyagában kezelt és
- vegyileg kezelt.

Nyers állapotban felhasznált papírokhoz általában a burkoló csomagolópapírok tartoznak.

Az egyik legismertebb változata a nátronpapír, 70-100% nátroncellulózsból és legfeljebb 30% nátronnátróhulladékból gyárt-

ják. Színe egyenletesen barna, négyzetmétere tömege 0,005-0,08 kg között van. A legkisebb közepes szakadási hossza - minőségtől függően - 5000-6000 m, fajlagos repesztőszilárdsága pedig 30-40 N/cm². Nagyobb szilárdságot igénylő burkoló csomagolások előállítására használatos.

A superior papír 0,04-0,12 kg/m² fajlagos tömegű szívos fehér színű csomagolóanyag egyoldalt simítva. A közepes szakadási hossza legalább 4000 m, fajlagos repesztőszilárdsága 30 N/cm² felett van. Igényesebb burkolócsomagolásokhoz terjedt el.

A finom csomagolópapírt (0,05-0,08 kg/m²) kevésbé igényes burkolócsomagolásokhoz gyártják. A közepes szakadási hossz, minőségtől függően 3300-3500 m.

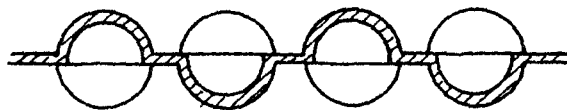
Érzékenyebb termékekhez, ha nincs különösebb szilárdsági igény, jól bevált a kalapcsomagoló papír, valamint a selyempapír. Átlagos négyzetmétertömegük 0,02-0,022, a selyempapír szilárdsága közepes (szakadási hossz 2500 m), a kalapcsomagoló papíré viszont kicsi (szakadási hossz 1800 m).

Különleges őrléssel állítják elő a zsírálló papírokat. Szakadási hosszuk kb. 4000 m, zsírállóságuk fajtától függően 3-20 perc. Legismertebb fajtái a havanna, a pergamen és a pergamenpótló papír. Zsíros, olajos élelmiszerek, ill. bevont fémtárgyak burkolócsomagolásához terjedtek el.

A mechanikai úton alakított papíroknál a mechanikai kezelés célja maradó alakváltoztatás révén a csomagolóanyag rugalmassá tétele. Így az egyébként sima papírlap egyszerű burkolással, többszörözéssel, vagy tekercseléssel párnázásra, illetve erőhatások (ütés, nyomás) elleni védelemre is alkalmassá válik.

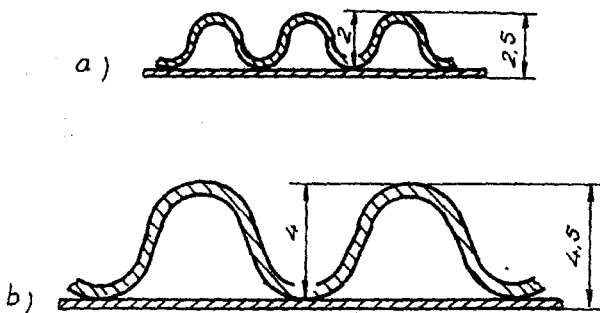
A krep-papírt a nedves papírlap mesterséges gyűrésével állítják elő. Két változata ismeretes, nátron csomagolópapírból a műszaki krep és selyempapírból, a díszítő krep. A csomagolástechnikában a nátron krep-papír krómozott, nikkelezett, festett stb. felületek ütés, karcolás, kopás elleni védelmére terjedt el.

A golyós (bütykös) papír egyrétegű rugalmas párnázóanyag. 0,1-0,140 kg/m² fajlagos tömegű csomagolópapírból, bütykös hengerek közötti átvezetéssel készítik. A kissé előnedvesített papírba váltakozva mindkét oldalról kb. 2 mm mély dudorokat préselnek (59. ábra). Főként könnyű üvegáruk (fiola, ampulla, izzólámpa stb.) mozgáscsillapításához vált be.



59. ábra
Golyós (bütykös) papír

A hullámpapír ragasztóanyaggal egyesített sima és hullámosított rétegből áll. A hullám magasságából függően van finom ($m = 2,5$ mm) és durva ($m = 4,5-5$ mm) hullámpapír (60. ábra). Jellemzően fogva csak olyan tárgyak rugalmas mozgásmentesítésére használható, amelyek a hullámokat nem roppantják össze. Súlyosabb tárgyak burkolásakor ütéssel, karcossal szembeni felületvédelmi szerepe lehet.



60. ábra
Finom (a) és durva (b) hullámpapír

A papírvatta több egymásra rétegezett és szárazon krepelt, általában $0,016 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömegű famentes papírból készült. A rétegek száma határozza meg vastagságát. Kisebbségi tömegű finom műszerek, híradástechnikai cikkek, tömegcikkek, finomabb gépalkatrészek közvetlen burkolására, egymástól való elválasztására alkalmas.

A felületileg vagy anyagukban kezelt papíroknál a továbbfeldolgozás célja a nedvességgel szembeni védelem, illetve a párazárás fokozása. Ezt többnyire paraffin, bitumen, vagy műanyag felhordásával érik el. A kezelt papír a termék burkolása vagy a csomagolóeszköz bélelése útján a nedvesség, illetve a korrózió elleni védelem hatékony eszközevé válik.

A paraffinozott papírt nátronpapírból, famentes "Toffe" papírból, félfamentes flórposta papírból állítják elő. A paraffin felhordható kenéssel, mártással és ún. kettőzéssel. Utóbbi esetben a paraffinréteget két papírlap közé juttatják és a lapokat összeragasztják. Fő felhasználási területe fémtárgyak, műszerek, készülékek burkolása, szállítási csomagolóeszközök bélelése.

A gépcsomagoló papírt a nátroncellulózt tartalmazó alappapír $60-80 \text{ °C}$ cseppenéspontú bitumennel való átítatásával nyerik. Kiváló víz- és párazáró, ezért széles körben használják gépeket, műszereket, vagy más korrózióra érzékeny terméket tartalmazó ládák bélelésére (szigetelésére),

továbbá egyes fémtárgyak közvetlen burkolására. Szennyeződéésre és szagra érzékeny áruk csomagolására nem alkalmas.

A bitumennel ragasztott nátroncsomagoló (ITA) papírt két réteg $0,050 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömegű műszaki nátronpapír bitumennel való összeragasztásával állítják elő. A gépcsomagoló papírhoz hasonlóan jó párazáró. A becsomagolt terméket kevésbé szennyezi, ezért kiterjedten alkalmazzák ládabélésre, korrózióra érzékeny fémtárgyak, valamint nem víz-taszító héjazatú egyedi és gyűjtődobozok burkolására. Szagra érzékeny termékek csomagolására azonban az ITA papír sem használható.

Az inhibitoros csomagolópapír négyzetméterenként $0,010-0,020 \text{ kg}$ gőzfázisú inhibitort tartalmazó nátron csomagolópapír. Az inhibitort oldat alakjában juttatják a papír felületére. Az előírt technológia betartása esetén jól bevált egyes fémtárgyak korrózió elleni védelmére.

A vegyileg kezelt papírokhöz a valódi pergamentet soroljuk, amelyet pamutrongyból kénsavas fürdőben való kezeléssel állítanak elő.

Szilárd (szakadási hossza kb. 6000 m), de kissé törékeny papírfajta. $0,050-0,150 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömegben gyártják, zsíros, olajos termékek burkolócsomagolásához. Zsírállósága legalább 12 óra .

b) Papírlamezek

A papírlemez gyártástechnológiája a vastagságkülönbség miatt eltér a papíretől.

A vastagabb lemezek előállításakor a forgószitára rászűrt vékony nedves papírt addig tekerceslik egy hengerre, amíg a kívánt vastagságot el nem éri. Ekkor a palást mentén átvágják és leemelik, majd megszáritják.

A vékonyabb lemez gyártásakor hosszabb síkszitát alkalmaznak, és a szívószakasznál több, gumizott préhengert helyeznek el. A két-, három- és többretegű lemezt több sík-, vagy hengersizitával, illetve ezek összekapcsolásával állítják elő.

Önálló csoportot jelent a hullámpapírlemez, amelyet az előregyártott sima és hullámosított rétegek összeragasztásával állítanak elő.

A gyártástechnológia, ill. az ezzel összefüggő négyzetméter tömeg és szerkezet szerinti osztályozás alapján megkülönböztethető:

- $0,180-0,450 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömeg közötti karton,
- $0,450-0,900 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömeg közötti gépi lemez,
- $0,900 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömeg feletti kézi lemez, valamint
- hullámpapírlemez.

A kartonra jellemző, hogy a - rendszerint különböző minőségű - nedves állapotban egymásra préselt rétegekből áll. Ezt a műveletet "rakosság"-nak nevezik. A kétrétegű változat a "duplex", a háromrétegű a "triplex" karton.

A duplex karton nyomtatható fedőrétege fatartalmú. Ritkábban nyomdai dobozokat állítanak elő belőle.

A triplex D karton egyik (nyomtatható) fedőrétegét 100% fehérített szulfitcellulózból gyártják. A jobb minőségű, mind a D kartoné. A kevésbé igényes nyomdai dobozok előállításához terjedt el.

A gépi lemez a közepes méretű dobozok ismert anyaga. A BIG triplex lemez fehérebb, simább és fényesebb fedőréteggel készül, mint a BIG lemez. Szerkezetük, felhasználási területük azonos.

A szalmalemez viszonylag nagy mennyiségben tartalmaz szalmapárlatot. Ezért általában igénytelen megjelenésű dobozok gyártására használják.

A kézi lemezek jellegzetes ismertetőjele, hogy széleik nem vágottak, hanem egyenetlenek, ahogyan a papírgérről lekerülnek.

A szürke kézilemez vegyes hulladékból áll. Elég szívós, jól hajlítható, hornyolható, de meglehetősen puha.

A patent kézilemezt a barna facsiszolat természetes színében gyártják enyvezve, töltőanyag nélkül, érdes, simított vagy fényezett kivitelben.

A patenptótló kézilemez nyersanyaga szalmafélszál, vegyes, gőzölt papírhulladék. Általában gyengén simított felületű.

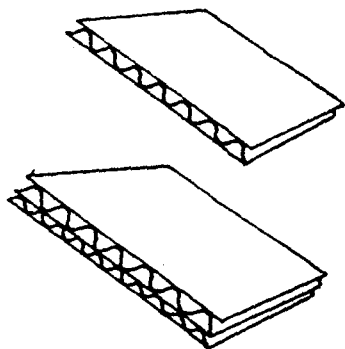
A fehér kézi falemez facsiszolatból, fehérített szalma-cellulózból és fehérítetlen szulfit cellulózból készül. Erősen nedvszívó, merev, meghajlik, könnyen törik.

A kézi szalmalemezt vegyes hulladékból és szalmacellulózból, a nádlemezt pedig hulladékpapírból és nádjelleget anyagból készítik. Az utóbbi rugalmas, szívós, jól hajlítható, hornyolható anyag.

A hullámpapírlemez a tömör szerkezetű kézi és gépi lemeztől lényegesen eltér. Két sima fedőrétegből, közöttük egy vagy több hullámosított és sima papírrétegből áll. Így keresztmetszete a rácsos szerkezetekhez hasonló (61. ábra).

Az előállítását megalapozó hullámosításra, illetve hullámpapírra vonatkozó első szabadalmat még a múlt században nyújtották be az Egyesült Államokban. Teljes sikert viszont csak az 1950-es években aratott, és alig egy évtized leforgása alatt döntően átalakította a szállítási, illetve gyűjtőcsomagolások körét. Napjainkban a fogyasztói csomagolásban (pl. műszaki cikkekhez) is mind nagyobb tért hódít.

A hullámpapírlemez minőségét az alappapírok anyagösszetétele, négyzetmétertömege, valamint a hullámrétegek hullámosításának mértéke szabja meg. A Magyarországon is szokásos minőségi jelölésben az első szám a rétegszámra,



61. ábra
Három- és ötrétegű hullámpapír
lemez

a második a négyzetmétertömegre utal (pl. 3/840; 5/1100). A hullámosítás jellemzőire vonatkozó egységesített jelzéseket, az érvényben levő nemzetközi ajánlás alapján a 4. táblázat ismerteti.

A szokásos minőségű hullámpapírlemez nedvességre viszonylag érzékeny, szilárdsága csökken. E hátrány kiküszöbölésére fejlesztették ki a vízlepergető és a víztaszító tulajdonságú hullámpapírlemezeket. A vízlepergetést műgyanta bekeverésével a fedőréteg anyagába, a víztaszítást a kész hullámpapírlemez felületének műanyag bevonásával érik el.

c) A papír alapú csomagolóeszközök

A papír alapú csomagolóeszközök jellegük szerint két alapvető csoportra bonthatók, úgymint:

- hajlékony falú és
- merev falú csomagolóeszközök.

A hajlékony falú csomagolóeszközök alakját a szerkezet mellett a betöltött áru mennyisége és jellege is befolyásolja. Papírból állítják elő hajtogatással, ragasztással, esetleg többszörözéssel vagy varrással összekapcsolva. Üres állapotban laposra összehajthatók, minimális helyigénnyel szállíthatók és tárolhatók. Terhelést csak saját síkjukban tudnak felvenni, a más irányból támadó erőhatást ellenállás nélkül a tartalomra továbbítják.

A merev falú csomagolóeszközöket kartonból, tömör, ill. hullámpapírlemezéből gyártják hajtogatás, sajtolás, tekercselés és többnyire fűzés vagy ragasztás útján. Jól meghatáro-

A hullámosított rétegek jellemzői

Jel	Megnevezés	Hullámmagasság	Hullámosztás mm-ben
D	Különleges durva	10	21, 6
A	Durva	4-4, 8	8-9, 5
C	Közép	3, 2-4	6, 8-8
B	Finom	2, 2-3	5, 5-6, 5
E	Mikro	1-1, 8	3-3, 5

zott térformájuk van, amelyre az áru mennyisége és tulajdon-ságai nincsenek hatással. Egyes változatai összehajthatók a többi, mind üres, mind töltött állapotban azonos térfogatot igényel. Teherviselése anyagától és szerkezetétől, valamint a becsomagolt termék jellemzőitől függ:

- Hajlékony falú papír csomagolóeszközök

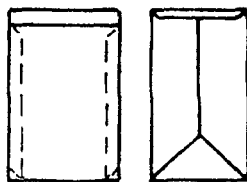
A szerkezetük és feladatuk szerint négy fő csoportra bonthatók, úgymint:

- boríték,
- tasak,
- zacskó és
- zsák.

A boríték csak kis árumennyiség csomagolására alkalmas. Megtöltve is lapos marad. A töltőnyílás a szélesebb oldalán ráhajtott fedőlappal zárható (62.a ábra).



a)



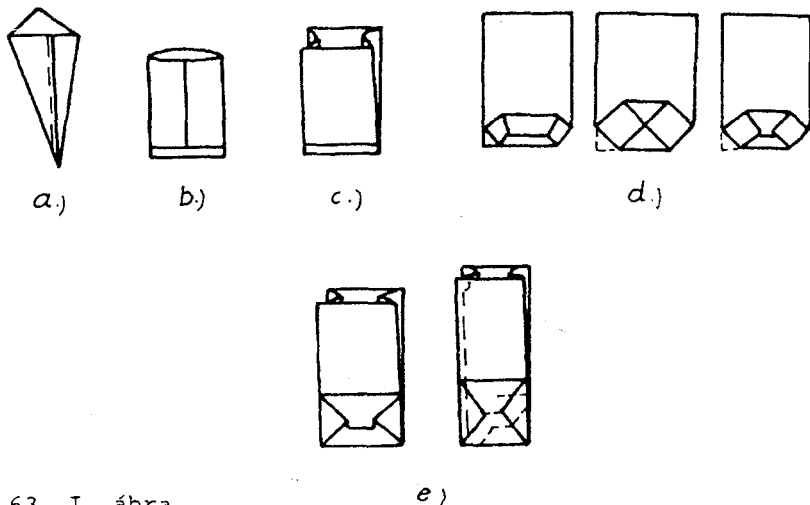
b)

62/a, b ábra

Boríték (a) és tasak (b)

A tasak a borítékhoz hasonlóan, kis mennyiségben adagolt termékek fogyasztói csomagolóeszköze. Töltőnyílását, a keskenyebb oldalán, többnyire rövid fedőlappal zárják (62.b ábra).

A zacskó, szerkezete szerint, előállítható tölcser (63.a ábra), sima (63.b ábra), sima redős (63.c ábra), talpas (63.d ábra) és redős-talpas (63.e ábra) változatban. A szokásos töltőtömeg 0,1-5 kg.



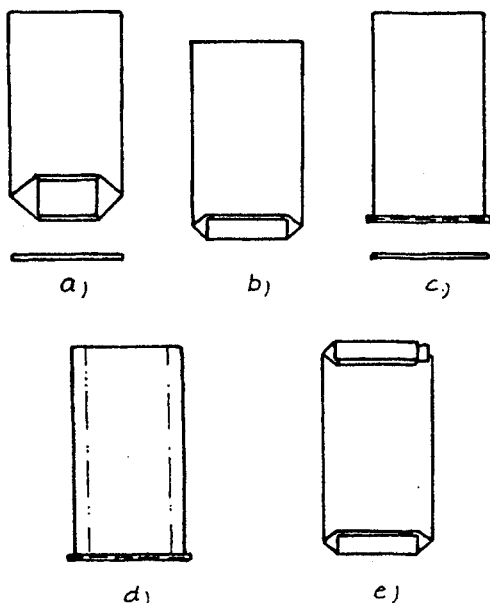
63. I. ábra
Különféle zacskók

A papírzsák jellegzetesen szállítási csomagolóeszköz, szokásos töltőtömege 25-50 kg. Legalább két (hazai viszonylatban legfeljebb hat) réteg, általában $0,070-0,080 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömegű nátronpapírból állítják elő. Nedvességre érzékeny termékekhez egy vagy két belső rétege ITA-papírral helyettesíthető. Újabbban terjed a műanyag fóliaszákkal való bélelés. Külföldön gyártanak szilikonbevonatú papírzsákokat is (pl. bitumen csomagoláshoz). A papírzsák a talprész kiképzése szerint lehet sima (talp nélküli), keskeny (8-12 cm) és széles (16-25 cm) talpú. A szájrésze nyitott vagy szelepes. Néhány alaptípust a 63. II. ábra mutat be.

A papírzsák gyártásakor tekercsből vett nátronpapírból indulnak ki. Többszörözés, hajlítás és hosszirányú ragasztás, majd felvágás útján készül el a zsákhüvely.

A talpas zsáknál az egyenként beadagolt hüvelyeken kések alakítják ki a bevágásokat és hajtogatásokat. Szívószeleppel és emelőkarral a gép szétnyitja a zsákhüvelyt, majd az így teljesen nyitott talprészt fémsablon a megszabott helyeken ragasztóanyaggal vonja be. Újabb hajtogatás után a talprészeket a már felvitt ragasztóanyaggal egyesítik. A következő gépegység leszabja és a talprészre ragasztja a fenéklapot. A kész zsák a lerakóasztalra kerül, ahonnan 25-50 db-onként leszedik és kötegelik.

A varrott zsáknál a hüvely alsó szegélyét, nátronkrepp papírcsík erősítő alátéttel, láncöltésekkel, zsineggel varrják le.



63. II. ábra

A papírzsákok alaptípusai

- a) széles talpú b) keskeny talpú
- c) síma varrott d) redős varrott
- e) szelepes

A szelepes zsák hüvelyét mindkét végén keskeny talp kialakításával zárják. A töltéshez azonban az egyik talpon a behajlított papírszéleket nem enyvezik teljesen össze. A nyíláson, mint szelepen át, az árut géppel töltik be, általában lazán. A szelepet ugyanis a betöltött áru kifelé, ható nyomása zárja.

A nyitott szájú ragasztott és varrott zsákok zárása varrással, rózsakötéssel vagy visszahajtogatással oldható meg.

Rózsakötéskor a papírzsák száj részét ráncolással, vagy harmonikaszerűen váltakozó hajtogatással szorosan összefogják és zsineggel, illetve lágycél huzallal körültekerve zárják.

Hajtogatott (lapos) záráskor töltés után a zsák száj részét laposan összefogják, majd egy hajtás után a hajlatba

zsineget, ill. lágyacél huzalt helyeznek. Ezután a szájrészt tovább hajtogatják, majd a hajtogatott rész széleit egymás felé laposan betörve, a zsineg vagy lágyacél huzalvégeket szorosan összekötik.

- Merev falú papír csomagolóeszközök

A fogyasztói, a gyűjtő és a szállítási csomagolásban egyaránt elterjedtek.

A fő típusok:

- papírlemez doboz
- papírláda
- papírlemez dob
- papíriszap tálca és doboz

A papírlemez dobozok csoportosítása alapanyaguk és szerkezetük alapján végezhető. A felhasznált alapanyag szerint van:

- nyomatlan
- bevont és
- nyomdai doboz.

A nyomatlan dobozokat a természetes felületű tömör, illetve hullámpapírlemezéből állítják elő. Az érintkező elemeket általában fűzéssel, ragasztással egyesítik. Külső megjelenésük többnyire igen egyszerű.

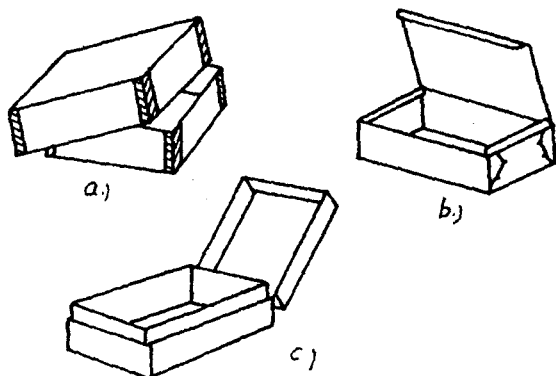
A borított dobozokat ragasztóanyaggal felvitt papírborítással gyártják. A csomagolóeszköz előnyös küllemi megjelenését a jó minőségű, esztétikusan nyomtatott borítóréttegél érik el. Az egyes elemek összefoghatók fűzéssel, ragasztással és (vagy) a bevonópapírral. Alapváltozatai az egyszerű és a finom borított, valamint az ékszerdoboz.

A nyomdai dobozok anyaga minden esetben $0,600 \text{ kg/m}^2$ fajlagos tömegű papírlemez. Nyomdában állítják elő, szinte kizárólag ragasztással, illetve az újabban terjedő hajtogatással. A kedvező külső megjelenést egy-, vagy többszín nyomtatással alakítják ki. Szerkezetük alapján van:

- fedeles
- fűles
- öves
- tolókás
- tető-, fenéklapolt
- bedugónyelves
- sajtolt
- tekercselt és
- különleges papírlemez doboz.

A rövid-, félmély- és mélyfedelű doboz az ún. dobozalsóból és a leemelhető fedélből áll. A fedél a dobozpalás-

tot kívülről takarja, mégpedig a rövidfedélnél kb. $1/4$ -ig, a félmélyfedelű változatnál kb. $1/2$ magasságig. A mélyfedelű doboznál a paláستtal azonos nagyságú, így tárolási és áruvédelmi szempontból a legelőnyösebb (64. ábra).



64. a. b. c ábra
Fedeles dobozok

Általában nyomatlan kivitelben és fűzve állítják elő. Értékesebb árukhoz borított változata is elterjedt. Üres állapotban egyik típusú sem összehajtható, ezért tárolása rendkívül gazdaságtalan. E hiányosság kiküszöbölésére újabban hajtogatással összeállítható kivitelben is gyártják.

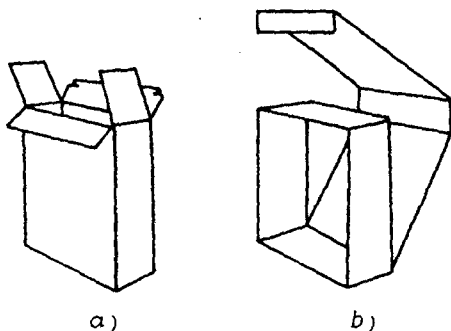
Az akasztott fedelű doboznál a fedelet a doboztesttel egy darabból alakítják ki, vagy a két részt fűzéssel, papír-, esetleg vászonszalaggal tartósan összekapcsolják. Többnyire olyan áruk csomagolásához választják, ahol a külső megjelenésnek is szerepe van. Ezért főként borított vagy nyomdai doboz formájában gyártják. Újabban terjednek a hajtogatással összeállítható változatai is (64. b ábra).

A nyakas doboz jellemzője, hogy a fedél a paláстtal egy síkban van. Ezt a palástrész sajátos, ún. nyakas kialakításával érik el (64. c ábra). A megoldás különösen ajándékcsomagolásokhoz kedvelt, főként borított kivitelben. Egyaránt gyártják leemelhető és akasztott fedeles változatban.

A füles dobozt egy darabból főként nyomatlan kivitelben ragasztással vagy fűzéssel állítják elő. Üres állapotban összehajtható. Alul és felül a szárnyak egymásra hajtásával, majd az egyik külső szárnyon kialakított füleknek a másik szárnyrészen levő részekbe csúsztatásával zárják (65. a ábra).

Az öves rendszerű dobozok egy, esetleg több darabból készített övrészből, és az ehhez fűzött tető-, illetve fe-

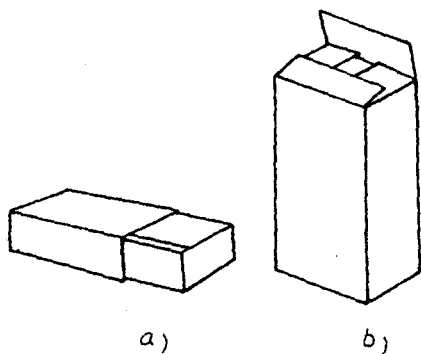
nékrészből állnak. Két alaptípusuk van. Ha az övhöz fűzött részt áthúzóan egy darabból készítik, a csomagolóeszközt áthúzás-öves doboznak nevezik. Az öves doboznál a tető- és a fenékrész a csomagolóeszköz homlokoldali övrésze mögött találkozik (65. b ábra).



65. a és b ábra
Füles (a) és öves (b) dobozok

Valamennyi változat laposra összehajtvá tárolható. Az áru - az akasztott fedelű dobozhoz hasonlóan - a tetőrész felhajtásával emelhető ki. Tömör és hullámpapírlémezről nyomatlan kivitelben, valamint könnyű árudarabokhoz kartonból nyomdai dobozként is előállítható.

A tolókás doboznak két része van, a rendszerint fűzött - ritkábban ragasztott - hüvely és az abba becsúsztatható tolóka. Az árut a hajtogatással vagy a hüvelyhez hasonlóan készített, felül nyitott tolókába helyezik. Nyomatlan és nyomdai doboz változatban egyaránt ismert (66. a ábra).



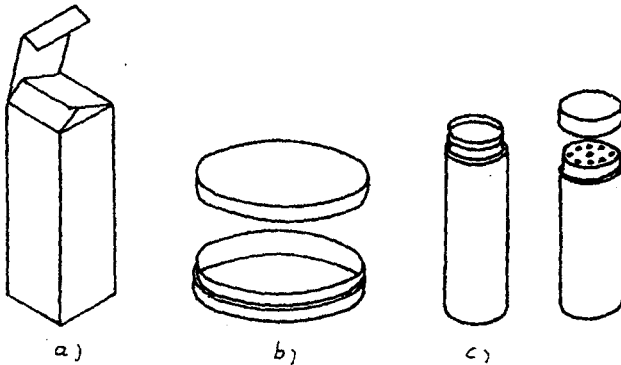
66.a. b ábra
Nyomatlan és nyomtatott dobozok

A tető-, fenéklapolt doboz (66.b ábra) a merev falú papír csomagolóeszközök egyik leggyakrabban választott típusa. Egy darabból fűzéssel (vastagabb tömör és hullámpapírlemezes esetén), vagy ragasztással (többnyire ha az alapanyag karton) állítják elő.

Alul és felül az egymásra hajtogatott belső és külső szárnyak segítségével zárják.

Változatait a szárnyak egymáshoz viszonyított helyzete szabja meg. A belső szárnyak lehetnek rövid vagy érintkező kivitelűek, a külsők pedig érintkezőek, illetve átlapolóak. Valamennyi típusát mind nyomatlan, mind nyomdai dobozként gyártják. Üres állapotban laposra összehajthatók, így helyigényük minimális.

A bedugónyelves dobozt szintén egy darabból készítik és döntő többségében ragasztással állítják össze. Üres állapotban ez is összehajtható, jellegzetes nyomdai doboztípus. A két belső szárnyrészre hajtott külső szárnnyal, illetve ez utóbbi végén levő nyelvész becsúsztatásával zárják (67.a ábra). A fenékrész ún. önzáró kivitelű is lehet.



67. a. b. c ábra

Bedugónyelves (a), sajtolt (b) és tekercselt (c) doboz

A sajtolt dobozt (67.b ábra) húzóképes kartonból melegített présszerszámban állítják elő. Változatai a rövid-, a félmély-, a mélyfedelű és a nyakas sajtolt doboz.

A tekercselt dobozokat (67.c ábra) hengeres, ritkábban ovális vagy lekerekített szegletes alakban gyártják. Készítéskor a magra a papírt vagy kartont a hossz tengelyvel párhuzamosan, illetve csigavonalban tekercselik fel. Nyomatlan és borított kivitelű egyaránt lehet, ragasztott, ún. beütött vagy visszaperemezett fenékkal. A fedél beütött vagy leemelhető, gyakran nyakas formában.

Ha por alakú termékek csomagolásához használják, külön szórófejet alakítanak ki, vagy a fedél perforálható.

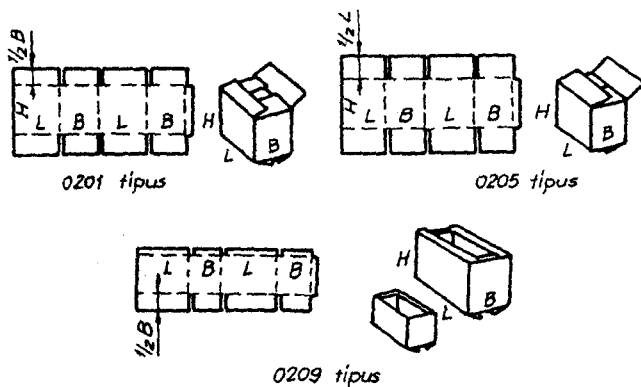
A különleges dobozoknak számos változata ismeretes. Ezeket a csomagolóeszközöket valamilyen sajátos gépesített csomagolási technológiához vagy egy-egy cég, illetve termék ilyen módon való megkülönböztetéséhez fejlesztik ki. Magyarországon nincs még különösebb jelentőségük, így részletesebb ismertetésük sem indokolt.

A papírládát döntő többségében hullámpapírlemezből, kis részben kézi lemezről állítják elő. Befogadóképessége általában 10-40 kg között van, s elsősorban a szállítási csomagolásban terjedt el. Gyártástechnológiája megegyezik a papírlemez dobozával.

Fő típusai:

- tető-, fenéklapolt
- fedeles
- burkoló
- kimetszett.
- öves és tolokás, valamint
- emelővillás targoncával kezelhető papírláda

A tető-, fenéklapolt papírláda egy darabból áll. A palástot fűzéssel vagy ragasztással állítják össze. A tető- és fenék-részt a szárnyak egymásra hajtogatásával alakítják ki. Alapváltozatait nemzetközileg egységesítették. A típusjel mindig négyjegyű szám (68. ábra).



68. ábra
Tető-, fenéklapolt papírládák

Az erre való hivatkozás megkönnyíti az azonosítást, kizárja a félreértést, szükségtelenné teszi a hosszadalma leírást.

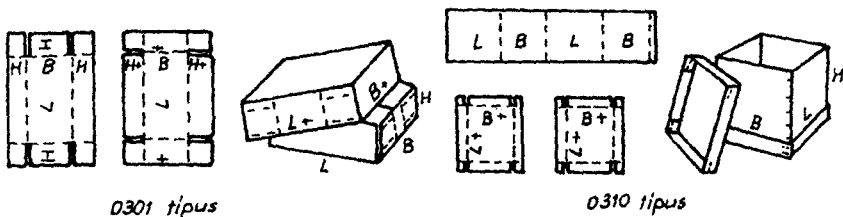
Valamennyi változatát a hagyományos módon ún. derék-szögű megmunkálással gyártják. Kedvező anyagfelhasználás mellett a legtöbb feladat megoldására alkalmas univerzális csomagolóeszközök.

A 68. ábrán bemutatott 0201 típusú papírládánál a hosszú oldal külső szárnyai a középvonalban találkoznak. Nagyobb záróképeség igényekor ezek az elemek teljesen átfedhetik egymást (68. ábra 0205 típus).

Csupán egységbe fogást igénylő termékekhez készíthető a majdnem teljesen nyitott 0209 típus, ahol a szárnyak rövidített kivitelben készülnek.

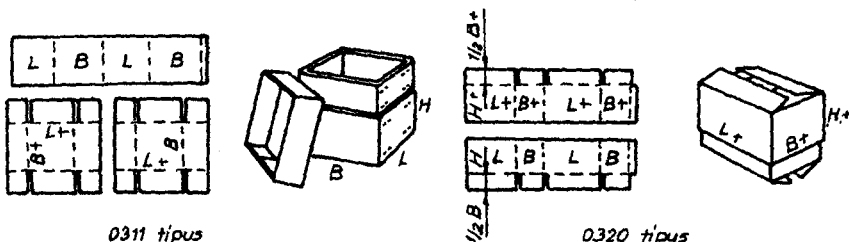
A fedeles papírládák két vagy három különálló részből állnak. A kettős oldalak halmazolási szempontból igen előnyösek, nagy nyomószilárdságú csomagolóeszközt eredményeznek. A részeket fűzéssel, ragasztással, vagy hajtogatással egyesítik. A szintén nemzetközileg egységesített csomagolóeszközök különösen akkor előnyösek, ha többször fel kell nyitni (rátolós fedelű típusok), vagy a termék magassági mérete változó (teleszkópos papírláda).

A mélyfedelű láda (69. ábra, 0301 típus) két, azonos részből áll. A fedél az alsó rész palástját teljesen takarja.



0301 típus

0310 típus



0311 típus

0320 típus

69. ábra
Fedeles papírládák

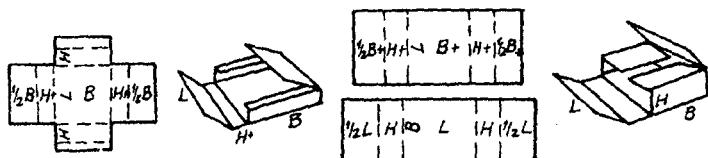
A fedeles láda alsó és felső rátolós fedéllel is előállítható (69. ábra, 0310 típus).

Főként akkor jó, ha a termék behelyezése nehézkes. Amennyiben az alsó és felső fedél érintkezik (0311 típus) nyomásálló csomagolóeszköz alakul ki.

Két tető-, fenéklapolt láda társításával változó magasságú termékekhez is készíthető egységes csomagolóeszköz (69. ábra, 0320 típus).

A burkoló papírládát a hullámpapírlemezről - az előre kialakított vonalak mentén - az áru köré hajtogatással állítják elő. Az érintkező széleket szállal erősített ragasztó papírszalaggal vagy pántolással zárják le. Az ilyen csomagolóeszközök a magasságukhoz viszonyítva széles és hosszú, ugyanakkor önhordó jellegű termékekhez javasolhatók.

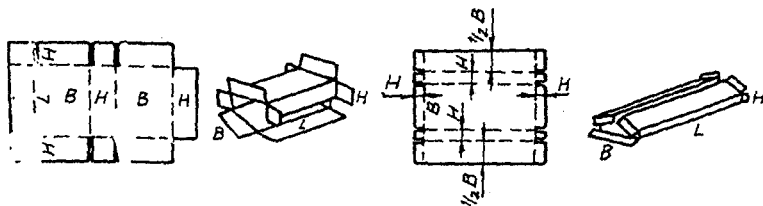
Az ugyancsak nemzetközileg egységesített (0401 típus) egy darabból áll, ezért csak kimetszéssel állítható elő. A rövid oldalak hajtókája rövidebb, így középen nem érintkezik (70. ábra).



70. ábra
Burkoló papírládák

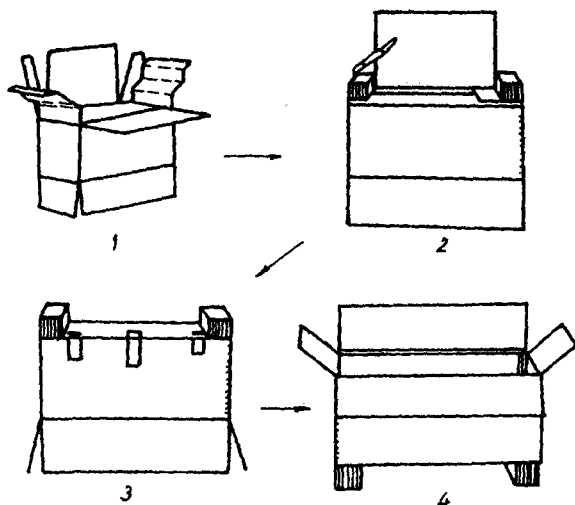
A 0404 típus két darab - egymásra derékszögben elhelyezett - völgyelt lapból kialakított csomagolóeszköz. Hajtogatással az élek lezárhatók. A két rész élei a hajtogatáskor érintkeznek.

A kimetszéses technológia keretében a doboztest különleges szerszám segítségével készül, s ez nagymértékben növeli a változatokat. A sajátos gyártásmódból adódóan - a minden mérethez külön-külön előállítandó szerszám költségesége miatt - az ilyen csomagolóeszköz csak sorozatban gazdaságos. A 71. ábrán a tető-, fenéklapolt láda két kimetszéses változata (0410 és 0411 típus) látható.



71. ábra
Kimetszéssel gyártott papírládák

Az emelővillás targoncával kezelhető papírláda nagyobb tömegű (150-600 kg) termékekhez tervezhető 5 és 7 rétegű hullámpapírlemezről. Sajátos lábkiképzése révén gépi úton kezelhető (72. ábra).



72. ábra

Villás emelő targoncával kezelhető papírláda és összeállítási technológiája

A papírládánál anyagtakarékossági okokból igen lényeges a méretarányok célszerű megválasztása. Ha az áru tulajdonságai lehetővé teszik - tehát csak a tömeg, illetve a térfogat kötött - optimális méretmegválasztással 10-20% anyagmegtakarítás is elérhető.

Az ideális élhosszak szélsőérték-számítással határozhatók meg. A papírlemez dobot általában kartonból tekercseléssel, ritkábban hullámpapír lemez hajlításával állítják elő. Az előbbi hengeres, az utóbbi szegletes (hat- vagy nyolcszegletű) kivitelű. Ümlesztett áruk mellett újabban elektromos vezetékek, vékony kábelek csomagolásához is alkalmazzák.

Korszerű technológiával a tekercselést spirálisan végzik. Két oldalról a tekercselő rúdra hegyesszögben rávezetett keskeny papírszalagokat azonos irányban álló, végtelenített szíjjal fogják körül, ez végzi a tekercselést. Az álló rúdról a kész cső folyamatosan távozik.

A méretre vágott papírcsövet álló vagy forgó szerszámmal peremezik. Az alsó és felső zárólapot sajtolással készítik és beragasztják az alsó részbe, illetve a különálló fedélbe.

A különleges csomagolóeszközök sorából a papírpépből gyártott tálcák és dobozok érdemelnek figyelmet. Előállításkor a pépet a kívánt formának megfelelő szitára nyújtják, majd a félig nedves darabot esetenként sajtolják is.

Ismertebb formái a tojástálca, a kétrészes tojásdoboz, valamint a zsgorfoliás csomagolásokhoz használatos alátét.

d) Csomagolási segédanyagok papírból

A ragasztó és tapadó papírszalag feladata a csomagoló-eszközök zárása, könnyű árudarabokból képzett kötegek egy-ségbe foglalása, burkolatok felbomlásának meggátlása.

Nagy hossz- és keresztirányú szakítószilárdságu - általánosan 0,050-0,080 kg/m² fajlagos tömegű - nátronpapírból állítják elő. Díszítési célból vagy a dézsmálás kizárására egy- vagy több színnel nyomtatható. Fokozott szilárdsági igényekhez, illetve gépi záráshoz üveg, textil, vagy műanyag szállal erősített, egy és két rétegű változatai is vannak.

A ragasztó szalag nedvesítéssel, a tapadó szalag nyomással vagy hővel aktiválható.

A papírcímke csomagolóeszközök megjelöléséhez, díszítéséhez és zárásához egyaránt elterjedt. 0,050-0,080 kg/m² fajlagos tömegű papírból a legkülönbözőbb alakban ismeretes, nyomtatott (esetenként domborított) kivitelben. Fej-, nyak-, váll-, mell-, has-, hát- és lovascímkeként a fogyasztói; azonosító és áruvédelmi címkeként a gyűjtő, valamint a szállítási csomagolásban használatos. A hátoldal kivitele szerint lehet natúr (a felhasználáskor vonják be ragasztóval), enyvezett, nyomásra és hőre tapadó, továbbá hőre hegedő.

2.3 Fa alapú csomagolószerek

2.3.1 A csomagolóiparban használatos faanyagok

A fa viszonylag szilárd, rugalmas, kis sűrűségű, könnyen megmunkálható. A természetben jól hozzáférhető alapanyag kitermelése és feldolgozása egyszerű. Így nem meglepő, hogy a fának a szállítási csomagolásban hosszú ideig vezető szerepe volt. Jelentősége csak az erdőterületek arányának csökkenésével, a papír és műanyag alapú szállítási csomagolóeszközök megjelenésével korlátozódott.

Két fő csoportja különböztethető meg, úgymint:

- természetes és
- ipari úton előállított faanyag.

A természetes faanyagok közül a csomagolóiparban az előfa kivágásával, megtisztításával és feldarabolásával (fűrészelés, hasítás) előállított fűrészárúk a legfontosabbak. A világszerte mutakozó hiányok ellenére, közülük is a tűlevelű fenyőfélék családjába tartozó luc-, jegenye-, erdei- vagy borovi- és feketefenyő emelhető ki.

Egyre inkább előtérbe kerülnek azonban a lombos fafajták, főként a nyárfélék. Megemlíthető még a bükk és a tölgy is.

Az ipari úton előállított faanyagok választékából a csomarlóiparban a farostlemeznek és a rétegelt falemeznek van a legnagyobb jelentősége.

A kemény farostlemez (MSZ 7086) mechanikai vagy kémiai úton feltárt növényi rostokból (főként fenyőfélékből és lágylombos fákból) - kötőanyag adagolásával, vagy anélkül - hőközléses préseléssel előállított lemez alakú faipari termék. Térfogattömegük 850-1200 kg/m³, hajlítószilárdsága 4000 N/cm². Vastagsága 3-6 mm között változik.

A rétegelt falemez (MSZ 49) páratlan számú furnírrétegből préseléssel előállított, 3-16 mm vastagságú lemez-
ipari termék. Egyes rétegeinek száliránya a szomszédosokra merőleges. A szimmetrikusan elhelyezett rétegek fafaja, száliránya és vastagsága azonos. Általában bükkből, nyírból, erdei fenyőből, nyárból, égerből és okuméből állítják elő. Attól függően, hogy szárított, vagy nedves furnérrétegeket ragasztanak össze, lehet száraz, illetve nedves lemez. Csomagolási célokra általában az utóbbit használják fel.

2.3.2 A fa fizikai és mechanikai jellemzői

A fa természetes eredetű, ezért tulajdonságai a fajtól, a termőhelytől, a nedvességtartalomtól és a belső szerkezettől függően igen változóak.

A faanyag nedvességtartalma a sejtfaalakban levő kötött és a sejtüregekben levő szabad víz mennyiségétől, valamint a faanyag tömegétől függ, vagyis:

$$m_v = m_e - m_o \text{ (kg),}$$

ahol

m_v - a fa teljes víztertelema (kg)

m_e - a nedves fa tömege (kg)

m_o - a száraz fa tömege (kg)

ebből a fa száraz tömegéhez viszonyított nedvességtartalom:

$$u = 100 \frac{m_e - m_o}{m_o} \text{ (\%)}$$

a nedves tömeghez viszonyított nedvességtartalom pedig:

$$q = 100 \frac{m_e - m_o}{m_e} \text{ (\%)}$$

A faanyag az MSZ 6787 szabvány alapján nedvességtartalmától függően lehet:

- abszolút száraz ($u = 0$, $q = 0$, mesterséges szárítással érhető el)
- túlszáritott ($u < 6\%$, $q < 5\%$, szintén mesterséges szárítással állítható elő)
- szobaszáraz ($u = 6,1-12\%$, $q = 5,7-10\%$, kis relatív páratartalmú térben való tárolással nyerhető)
- légszáraz ($u = 12,1-18\%$, $q = 10,8-15,3\%$, hosszabb ideig a szabad levegőn való tárolással elérhető állapot)
- félszáraz ($u = 18,1-30\%$, $q = 15,4-23,1\%$, hosszabb erdei tárolással érhető el)
- nedves ($u = 30,1-50\%$, $q = 23,2-33,4\%$)
- élőnedves ($u > 50\%$, $q > 33,4\%$) és
- vízzel telítődött.

A faanyag térfogatát és méretét a nedvességtartalomtól függően változtatja. Aszerint, hogy vizet vesz fel, vagy ad le, dagadás, ill. zsugorodás következik be. Az ezzel együttjáró térfogatváltozás minden irányban más. Száradáskor az ipari fák rostirányában átlagosan 0,1-0,6, sugárirányban 3,0-6,8 és hűrirányban 6,4-11,8%-kal zsugorodnak össze (5. táblázat).

5. táblázat

Faféleségek zsugorodása
(adatok %-ban)

Fafajta	S_r	S_s	S_h	S_t
Erdeifenyő	0,4	4,0	7,7	12,1
Lucfenyő	0,3	3,6	7,8	11,9
Duglászfenyő	0,3	4,2	7,4	11,9
Vörösfenyő	0,3	3,3	7,8	11,4
Bükkfa	0,3	5,8	11,8	17,9
Tölgyfa	0,4	4,0	7,8	12,2
Kórisfa	0,2	5,0	8,0	13,2
Akácfa	0,1	4,7	6,9	11,7
Nyárfa	0,3	5,2	8,3	13,8

S_r = rostirány
 S_s = sugárirány
 S_h = hűrirány
 S_t) térfogati

A dagadás okozta méretváltozás rostirányban fenyőféléknél 2,2-2,5%, lombosfáknál 1,2-8,5%. Legnagyobb a méretváltozás hűrirányban, fenyőféléknél 4-9%, lombos fáknál 3-16% is lehet.

A fa mechanikai tulajdonságai nagymértékben függenek a sejtfalakban levő kötött nedvességtartalomtól. A bármely állapotban márt értéket ezért mindig 15% nedvességtartalomra kell átszámítani az alábbi képlet szerint:

$$A_{15} = A_u (1 + \alpha) \cdot (u - 17),$$

ahol:

A_u - a vizsgált tulajdonság értéke "u" nedvességtartalom mellett
 u - a vizsgált anyag nedvességtartalma %-ban
 α - nedvességkiegyenlítő együttható (6. táblázat)

6. táblázat

A nedvességkiegyenlítő együttható értéke

Fizikai jellemző	Erő iránya a rostirányhoz	Fafaj csoport	α
			0,03
Húzószilárdság	⊥	valamennyi	0,02
		tűlevelűek	0,04
Nyomószilárdság		lomblevelűek	0,05
Hajlítószilárdság		valamennyi	0,04
		tűlevelűek	0,04
Nyírószilárdság		lomblevelűek	0,05
Útő-, hajlítószilárdság		valamennyi	0,026

6. táblázat folytatása

Fizikai jellemző	Erő iránya a rostirányhoz	Fafaj csoport	α
Rugalmassági együttható nyomással húzásnál		valamennyi	0,03
			0,03
			0,02
			0,04
Keménység	⊥	valamennyi	0,025

Nagy szerepe van a fa anizotropiájának is. Ennek tulajdonítható, hogy a szilárdsági jellemzők a három anatómiai fő irányban különbözőek.

Tervezéskor, a szilárdság számításakor, mind az anatómiai, mind a nedvességviszonyokat tekintetbe kell venni. Jól látható ez pl. a hajlítószilárdság számításakor. Külön kell vizsgálni a húzott és a nyomott zónában ébredő feszültségeket, s ha a nedvességtartalom változik, a nyert értékeket mindig módosítani kell

$$\sigma_{hh} = \frac{M}{K} \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{hny} = \frac{1}{\mu} \sigma_{hh} \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

és ha a nedvességtartalom 5-25% között változik

$$\sigma_{h2} = \sigma_{h1} [1 - 0,04 (u_2 - u_1)] \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

ahol

σ_{hh} - hajlítószilárdság a húzott zónában

σ_{hny} - hajlítószilárdság a nyomott zónában

μ - anyagellenállási együttható

σ_{h1} - az u_1 nedvességtartalomhoz tartozó hajlítószilárdság és

σ_{h2} - az u_2 nedvességtartalomhoz tartozó hajlítószilárdság.

2.3.3 A faanyagok hibái

Fahibának a fatest alakjában, felépítésében, szövetszerkezetében bekövetkezett rendellenességeket nevezik.

A csavarosodott növésnél az évgyűrűket alkotó rostok iránya eltér a hossztengetelytől. Hatására csökken a nyomószilárdság, a vékonyabb deszka a sok átmetszett rost miatt esetleg használhatatlanná válik.

Az ággöcs a fa szövetében elhelyezkedő ágrész. A felületen látható mérete szerint van:

- tűgöcs (7 mm-ig)
- kis göcs (8-20 mm)
- közepes göcs (21-40 mm)
- nagy göcs (70 mm felett)

Az ággöcsök csökkentik a rostirányú húzáskor a szakítószilárdságot, hajlításkor pedig a húzott oldal ellenállását.

A gyantatáska a fenyőfélékre jellemző (kivéve a jegegyefenyőt) és az évgyűrűk között gyantatartalmú üregek formájában jelentkeznek. Nagysága néhány mm-től néhány cm-ig terjedhet. Hatására nehezebb az anyag feldolgozása, csökken a szilárdsága.

A vetemedés teknősödés és görbülés formájában, a fatest egyes részeinek eltérő száradása miatt alakul ki. Rontja a feldolgozhatóságot és kedvezőtlenül befolyásolja a csomagolóeszköz szilárdságát.

A repedések részben az élőfában (bél-, gyűrűs és fagyrepedés), részben a már kitermelt anyagon (száradási repedés) jelentkeznek. A leggyakrabban előforduló fahiba, nagymértékben csökkenti a szilárdságot, a felhasználhatóságot és gyakran a külső megjelenést is.

A gombásodás elszíneződésben, fülledésben, korhadásban jelentkezhet. Az elszíneződés (zöld penész, fekete penész, szürkülés, kékülés) főként esztétikai hiba.

A sejtfalakat megtámadó, ill. azok cellulóztartalmát elpusztító fülledés, ill. korhadás viszont már a szilárdságot csökkenti, a faanyagot felhasználásra alkalmatlanná teszi.

A rovarrágás lehet felületi, sekély és mély. A felületi rágás mélysége legfeljebb 2 mm, a sekélyé 4-5 mm. Komolyabb károsodást, szilárdságcsökkenést azonban csak a legalább 6-8 mm-re behatoló mély rovarrágás okoz.

2.3.4 A faelemek egyesítése

A fa alapú csomagolóeszközök szilárdságát, az egyes elemek egymáshoz való illesztése és összekapcsolása döntően befolyásolja. A felületek kialakításához:

- az egyenes
- a hornyolt
- az árok keresztékes és
- a vendégeresztékes

illesztés terjedt el.

A felületeket többnyire:

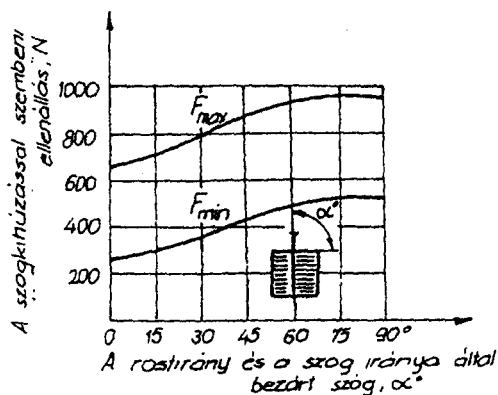
- egyenes vagy
- fecskefarkú sarokfogazással egyesítik.

Mind a szélesítő, mind a sarokillesztések közül a legáltalánosabb az egyenes illesztés. A többi változatot az 5-10%-kal nagyobb faanyagszükséglet és a fokozott munkaigényesség miatt ritkábban választják.

Az egyes elemek, illetve lapok szegezéssel, csavarozással, tűzéssel, abroncsolással, huzalokkal (szalagokkal) vagy ragasztással kapcsolhatók össze.

A ládakészítésben a leggyakoribb módszer a szegezés, amely akkor jó, ha váltakozó irányban, zezug vonalban készítik (francia szegezés). Ha a szegek egyvonalban vannak, fennáll a fa rostirányú repedésének veszélye.

A szegezés szilárdságát a szeg mérete, beütésének módja, a faanyag nedvességtartalma és sűrűsége határozza meg. A szeg tartása a rostokra és az évyűrűkre merőlegesen a legnagyobb, és a rostokkal párhuzamoan a legkisebb (73. ábra).



73. ábra

A szög kihúzással szembeni ellenállása a rostirány függvényében

A fűzés - "U" alakú fűzőkapcsokkal - a vékonyabb elemekhez terjedt el. Fő előnye, hogy jól gépesíthető.

A csavarozás nagy szilárdságot igénylő kötésekhez, ismételten felhasználásra kerülő, valamint ütésre fokozottan érzékeny árukat tartalmazó csomagolóeszközökhöz szokásos.

Az abroncozást csak a hordókhöz, a huzalozást pedig az összehajtható ládákhöz választják. Ragasztással többnyire a rétegelt falemez elemeket egyesítik.

2.3.5 Fa csomagolóeszközök

A fa alapú csomagolóeszközök szerkezetük, ezen belül anyaguk, kivitelük, összeépítési módjuk szerint csoportosíthatók. A szerkezet szerint megkülönböztethető:

- sík felületekkel határolt láda, rekesz és keret
- íves palástú hordó és
- hengeres vagy enyhén kúpos dob

A láda, rekesz és keret szerkezeti felépítése azonos, a különbség a héjazatban van. A ládánál a lapokat alkotó elemek egyenes, hornyolt stb. illesztéssel közvetlenül kapcsolódhatnak. A rekesznél az elemek között - többnyire szélességük egész számú többszörösével egyező - hézag van. A keretnél a héjazatelemek hiányoznak.

Kialakítása alapján van:

- heveder nélküli
- hevederes
- csúszótalpas és
- különleges faláda, rekesz, ill. keret

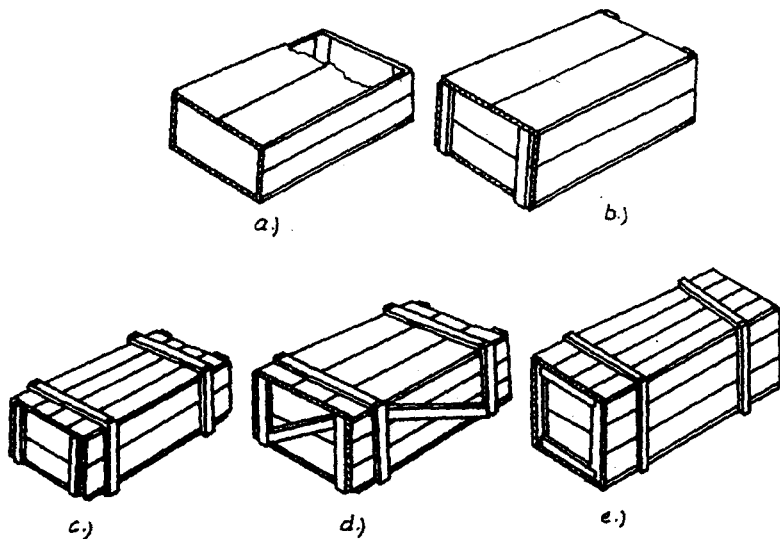
A heveder nélküli láda és rekesz két homlok-, két oldal-, a tető- és fenéklapból áll. A csomagolóeszközt az egy darabból álló homloklapok fogják egységbe. Ezekhez szegeznek az ugyancsak egy, vagy több elemből készített többi lapot. Viszonylag kis szilárdságú, legfeljebb 10-20 kg áruhoz használatos. Anyaga szinte kizárólag fűrészáru, bár a tető-, a fenék- és az oldallapok farost-, vagy rétegelt felemezből is készíthetők.

A hevederes csomagolóeszközöknél az oldal- és homloklapból álló kávé, ill. a tető- és fenéklapolt hevederekkel fogják össze, amelyeknek azonban egyéb jelentős feladatai is vannak. Segítségükkel érhető el, hogy a káva összeállításakor a szegek a homlokrészen ne csak a homlokdeszkák legkisebb kihúzóadás elleni szilárdságot nyújtsanak, hanem a hevedereknél rostirányban merőlegesen kerüljenek. A fának ugyanis a legnagyobb ellenállóképessége rostjai hosszirányában van. Mivel a hevedert merőlegesen szegeznek a héjazatra, bármelyik irányból lép fel a terhelés, mindig

lesz olyan elem, amely a nyomást rostjai hosszirányában fogja fel.

A fa száradás közben méretét rostirányban alig változtatja. Erre merőlegesen viszont tetemes mértékben zsugorodik. Így a hevederek feladata az állandó belméret tartása is a héjazatot alkotó deszkák zsugorodásával szemben. A hevederek megkönnyítik a csomagolóeszköz kezelését, mozgatását is. Vastagított fenékhevederrel például megoldható a hevederes csomagolóeszközök kezelése emelővillás targoncával.

A hevederes csomagolóeszközök típusát a hevederek helyzete és száma határozza meg. A belső sarokhevederes ládánál a kávéat alkotó deszkaelemeket sarokhevederek segítségével fogják össze. Kisebb tömegű árukhoz alkalmazzák, ha a hevederek az áru elhelyezését nem gátolják (74.a ábra).



74.a, b, c, d, e ábra

Hevederes fa csomagolóeszközök

- a) belső sarokhevederes láda b) homlokhevederes láda
 c) homlok és kétkörhevederes láda d) homlok és kétkörhevederes láda átlós merevítőkkal e) homlok kerethevederes láda

Sajátos változatai a hagyományos gyümölcs, valamint zöldésges ládák és rekeszek. Tetőlapjuk nincs, egyes típusoknál egymásra helyezéskor a szükséges szellőzést a kávéan túlnyúló belső sarokhevederekkel érik el.

Amennyiben az áru az oldal-, homlok-, tető- és fenéklapok által körülhatárolt teljes belső teret igényli, a sarokhevedereket kívül helyezik el. Így kapják a homlokhevederes ládát (74.b ábra).

A tető- és fenékhevederes ládát alul és felül általában két-két heveder fogja össze.

A legáltalánosabban használt típus a homlok- és kétkör-hevederes láda. Az oldal-, tető- és fenékdeszkázatot a kör-heveder elemei, az oldal- és homloklapokat a homlokhevederek kapcsolják egységbe (74.c ábra).

A homlok kerethevederes láda nagy szilárdságot nyújtó megoldás. A homlokkoldal hevederei zárt keretet alkotnak. Az átlós merevítők elmaradhatnak. Többnyire körhevederrel is ellátják (74.e ábra).

A 74. ábrán bemutatott csomagolóeszközöket fűrészáruból állítják elő. Faanyag takarékosági célokból, illetve különleges igények kielégítésére azonban farostlemezből és rétegelt falemezből is gyártanak hevederes ládát. Az elemek összekapcsolhatósága és a szilárdság növelése érdekében a farost-, vagy rétegelt falemez lapokat széleiken egyszerű, illetve zárt kerethevederekkel látják el, és ezeken keresztül szegeznek, ritkábban csavarozzák össze. A hevedereket általában fenyő fűrészáruból készítik és kívülre helyezik el.

A hevederes csomagolóeszközöket általában hajlító igénybevételre méretezik. Az ún. cseh módszer szerint a hajlító-szilárdság a következő képletekből számítható:

- koncentrált terheléskor

$$\sigma_0 = \frac{3 \cdot Q \cdot l \cdot g}{2 \cdot bs^2} \quad (\text{N/cm}^2)$$

- egyenletesen megoszló terheléskor

$$\sigma'_0 = \frac{3 \cdot Q' \cdot l \cdot g}{4 \cdot bs^2} \quad (\text{N/cm}^2)$$

ahol

Q - árutömeg (kg)

Q' - bruttó csomagtömeg (kg)

l - a ládalap hossza (cm)

b - a ládalap szélessége (cm)

s - a ládalap vastagsága (cm)

és a σ'_0 hajlítószilárdság a nedvességtartalom függvénye,

alapértékét mindig 15% nedvességtartalomra kell megadni. A megengedhető igénybevétel a μ biztonsági tényezővel számított redukált hajlítószilárdságból adódik, amely 15% nedvességtartalomnál

$$k_0 = \frac{\sigma_0}{4,4} \quad (\text{N/cm}^2)$$

így a falvastagság bármely u_2 nedvességtartalomra számítva:

$$s = \sqrt{\frac{3 \cdot Q \cdot l \cdot g}{2 \cdot b k_0}} = \sqrt{\frac{6,6 \cdot Q \cdot g \cdot l}{b \cdot \sigma_1 (1 - 0,04 (u_2 - 15))}}$$

- egyenletesen megoszló terhelésnél

$$s = \sqrt{\frac{3Q' \cdot l \cdot g}{4 b k_0}} = \sqrt{\frac{3,3 \cdot Q' \cdot l \cdot g}{b \cdot \sigma_1 (1 - 0,04 (u_2 - 15))}}$$

A különböző faanyagok eltérő szilárdsága és nedvességtartalma miatt a változó k_0 tényező helyett, állandó érték bevezetésével, a számítás lényegesen egyszerűsíthető. Feltételezve, hogy a redukált megengedett hajlító igénybevétel:

$$k = \frac{2}{3} k_0 = \text{állandó,}$$

A falvastagság számításának képlete az

$$s = \sqrt{\frac{Q \cdot g \cdot l}{b k}} = \sqrt{\frac{l}{b}} \cdot \sqrt{\frac{Q g}{k}}$$

alakra módosul.

$\sqrt{\frac{l}{b}}$ az ún. alaktól függő tényező, amely

$$K = 100 \sqrt{\frac{l}{b}}$$

formában a 7. táblázat alapján könnyen meghatározható.

A "K" tényező ismeretében pedig az árutömeg alapján a falvastagság a 8. táblázatból vehető.

A cseh módszerhez hasonlóan 120 kg árutömegig jól használható a mexikói képlet is, amely szerint

$$s = \frac{2,5}{8} \sqrt{\frac{2,5 \cdot Q \cdot g}{0,454 \cdot b}} \quad (\text{cm})$$

A csúszótalpas csomagolóeszközök a közepes és nagytömegű (általában 500 kg feletti) egységek csomagolásához tejedtek el. Három fő részből állnak, úm.:

- a csúszótalp
- a keretváz és
- a héjazat.

K tényező
(adatok %-ban)

A láda szélessége (mm)	A láda hossza (mm)												
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
200	141	150	158	166	173	180	187	194	200	206	212	218	224
250	126	134	141	148	155	161	167	173	179	184	190	195	200
300	115	122	129	135	141	147	153	158	163	168	173	178	182
350	107	114	120	125	131	136	141	146	151	156	160	165	169
400	100	106	112	117	122	128	132	137	141	146	150	154	158
450		100	105	110	115	120	125	129	133	137	141	145	149
500			100	105	110	114	118	122	126	130	134	138	141
550				100	104	109	113	117	120	124	129	132	135
600					100	104	108	112	115	119	122	126	129
650						100	104	107	111	114	117	121	124
700							100	103	107	110	114	117	120
750								100	103	106	110	113	115
800									100	103	106	109	112
850										100	103	106	109
900											100	103	105
950												100	102
1000													100

A hossz tengellyel párhuzamosan haladó csúszótalpakra építik a csomagolóeszközet. Egységbe fogó szerepük mellett, emeléskor felveszik az áru önsúlyából eredő hajlító igénybevételt.

A keretváz kapcsolja össze a szerkezeti egységeket. Felveszi a külső, valamint a termék tehetetlenségéből eredő belső erőhatásokat, majd részben semlegesíti, részben a csúszótalpakra továbbítja azokat.

Elemei:

- csúszótalp-összekötő
- sarokoszlop
- közbenső oszlop
- felső koszorú

8. táblázat

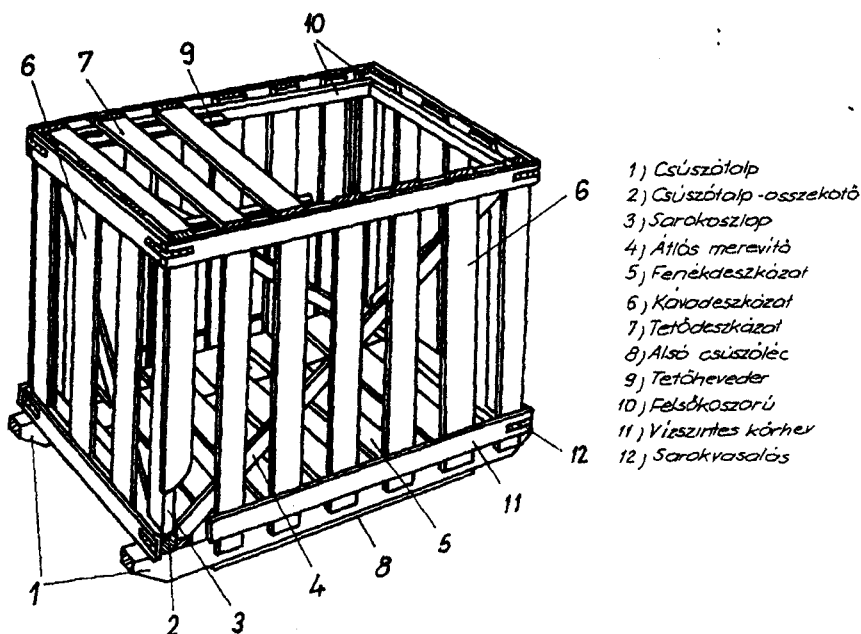
A ládalapok vastagsága 120 kg hasznos terhelésig
(értékek mm-ben)

Az alak- tól függő ténye- zák, K	Az áru tömege (kg)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
100	5,0	6,1	7,0	7,9	8,6	9,3	10,0	10,6	11,1	11,7	12,2
105	5,2	6,4	7,4	8,3	9,0	9,8	10,5	11,1	11,7	12,3	12,8
110	5,5	6,7	7,7	8,6	9,5	10,2	11,0	11,9	12,2	12,9	13,4
115	5,7	7,0	8,1	9,0	9,9	10,7	11,5	12,1	12,8	13,4	14,0
120	6,0	7,3	8,4	9,4	10,3	11,2	12,0	12,7	13,4	14,0	14,6
125	6,2	7,6	8,8	9,8	10,8	11,8	12,5	13,2	13,9	14,6	15,3
130	6,5	7,9	9,1	10,2	11,2	12,1	13,0	13,7	14,5	15,2	15,9
135	6,7	8,2	9,5	10,6	11,6	12,6	13,5	14,3	15,0	15,8	16,5
140	7,0	8,5	9,8	11,0	12,1	13,0	14,0	14,8	15,6	16,4	17,1
145	7,2	8,8	10,2	11,4	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2	17,0	17,7
150	7,5	9,1	10,6	11,8	12,9	14,0	15,0	15,9	16,7	17,5	18,3
155	7,7	9,4	10,9	12,2	13,4	14,4	15,5	16,4	17,3	18,1	18,9
160	8,0	9,7	11,3	12,6	13,8	14,9	16,0	16,9	17,8	18,7	19,5
165	8,2	10,1	11,6	13,0	14,2	15,4	16,5	17,5	18,4	19,3	20,2
170	8,5	10,4	12,0	13,4	14,7	15,9	17,0	18,0	19,0	19,9	20,8
175	8,7	10,7	12,3	13,8	15,1	16,3	17,5	18,5	19,5	20,5	21,4

- koszorúkitámasztó
- vízszintes osztómerevítő
- átlós merevítő

A keretváz kialakítása mindenkor a szállítandó termék töme-
gétől, méreteitől függ, egyes esetekben akár teljesen el
is hagyható.

A héjazat a borításból és a merevítő elemekből áll.
Feladata a csomagolóeszköz belső terének elhatárolása a kör-
nyezettől, a dézsmálás ellen védelem. Az igényektől függő-
en eleht zárt (láda), hézagolt (rekesz) (75. ábra), sőt ér-
zéketlen termékeknél el is maradhat (keret).



75. ábra
 Csúszótalpas farekesz (szabványos)

A csúszótalpas csomagolóeszközök tervezésekor eltekintenek a ténylegesen fellépő bonyolult erőjátékoktól. Többnyire valamilyen egyszerűsített séma alapján méretezik a csúszótalpat, a csúszótalp-összekötő és a fenéklapot. A többi szerkezeti elemet pedig a felsoroltak méreteinek függvényében, tapasztalati adatok alapján határozzák meg.

A csúszótalp méretezése szempontjából a kritikus helyzet emelésekor lép fel. A legegyszerűbb eljárás a két végén alátámasztott tartó szerinti számítás lenne, de ez meglehetősen pontatlan. Ezért inkább tapasztalati képleteket alkalmaznak. Így pl. a német szakemberek által kidolgozott eljárás a keresztmetszeti tényezőre a következő képletet adja

$$K = \frac{Q \cdot h \cdot c}{10000 \cdot n} \quad (\text{cm}^3)$$

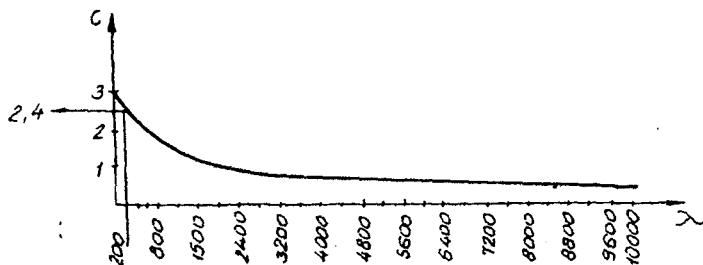
ahol

- Q - a becsomagolt áru teljes tömege (kg)
- h - a csúszótalp hossza (mm)
- c - a tömegtől és hosszától függő tényező
- n - a csúszótalpak száma

A "c" tényező a 76. ábra alapján határozható meg. A nomogram tényezője pedig a

$$Q = \frac{Q \cdot h}{10000}$$

összefüggésből számítható.



76. ábra

Nomogram a "c" tényező számításához

A csúszótalp méretezhető a lehajlás alapján is. A megengedhető legnagyobb terhelés

$$F_{\max} = \frac{3840 E \cdot I \cdot f_{\max}}{5 h^3} \text{ (N)}$$

ahol

- E - a fa rugalmassági tényezője (100 000 (kg/cm²))
- I - a csúszótalp másodrendű nyomatéka (cm⁴)
- h - a csúszótalp hossza (mm)
- f_{max} - a megengedett maximális lehajlás (h/150 mm)

A csúszótalpak és a csúszótalp-összekötők gyors méretezésére grafikus eljárást is kifejlesztettek.

A fenéklap végein befogott vagy alátámasztott tartónak tekinthető. Vastagsága a megengedett lehajlás alapján Timosenko képlete szerint határozható meg.

$$s = \sqrt[3]{\frac{0,028 p \cdot b^4}{E \cdot f_{\max} (1 + 1,056 \cdot \alpha^5)}}$$

vagy

$$s = \sqrt[3]{\frac{0,1422 p \cdot b^4}{E \cdot f_{\max} (1 + 2,21 \cdot \alpha^3)}} \quad (\text{cm})$$

ahol

- a - a fenéklap hossza (cm)
- b - a fenéklap szélessége (cm)
- E - a fa rugalmassági tényezője (100 000 N/cm²)
- p - az egyenletesen megosztó terhelés (N/cm²)
- f_{max} - a megengedett max lehajlás (a/150 cm)
- α - b/a.

A különleges ládák, rekeszek és keretek elnevezése:

- a szokásos téglatesttől eltérő alakra
- valamely szerkezeti egység elmaradására, vagy
- sajátos összeállítási módra

utal.

A téglatesttől eltérő csomkagúla, nyeregvetős vagy "L" alakot anyagtakarékosági okokból vagy a kíméletlen árukezelés (görgetés, tetőlapra állítás) elkerülése érdekében alkalmazzzák.

Az elmaradó szerkezeti elem általában a tetőlap, amely a szállító-, tároló- és kezelőládáknál szokásos.

A fa csomagolóeszközök versenyképességének fokozása (gépesített gyártás, egyszerű összeállítás és lezárás lehetősége) érdekében külföldön fokozatosan tért nyerne az ún. szegezés nélküli ládák. Elnevezésük ellenére a lapokat, illetve alkotó elemeiket szegekkel kapcsolják az egységbe fogó acélhuzalokhoz vagy szalagokhoz. A lapokat egymáshoz viszont már a huzalok, illetve szalagok rögzítik szeg és csavar felhasználása nélkül. A csomagolás során a kis munkaigény, ugyanakkor üresen a kiterített állapotban való szállíthatóság érdekében a két oldal-, a tető- és a fenéklapot előre összekapcsolják. Az áru behelyezésekor csak a két homloklap felerősítése, majd a tetőlap zárása a feladat, az acélhuzalok szabad végeinek összesodrásával, vagy a kapcsolódó elemek egymásba illesztésével.

A fahordó sajátos alakú szállítási csomagolóeszköz, palástja körkeresztmetszetű. Alapanyaga fajtától függően bükk-, tölgy-, cser-, akác-, szelídgesztenye-, szil-, vagy eperfa. Három fő része van, úgymint:

- az oldaldongákból összeállított palást
- a fenékdongákból készített két fenéklap
- a palástot összefogó abroncsozás

Töltését és ürítését a paláston elhelyezett töltő-, illetve a fenéklapon levő csaplyukon keresztül vagy az egyik fenéklap leemelésével végik. A palástot összefogó

abroncs anyaga melegen hengerelt abroncsacél, kivéve a vajhordót, ahol fűzfavessző, vagy mogyoróhajtás.

A fadob gyűjtőfogalmába:

- a rétegelt falemez dob
- a fűrészáru dob
- a kábeldob

sorolják.

A hengeres palástú és körkeresztmetszetű rétegelt falemez dob ragasztással vagy fűzéssel állítják elő, tetőlappal, esetleg anélkül.

A palást merevítését, valamint a fenék- és tetőrész rögzítését rétegelt falemez (ill. furnér) abronccsal oldják meg. A fenék- és tetőrész vékony lécekkel is merevíthető.

A ragasztott dob palástjának anyaga 3-5 rétegű rétegelt falemez. A rétegeket külön-külön, víz- és főzésálló véralbuminnal, vagy műgyantával ragasztják össze. Az ívelt fenék- és tetőlap anyaga ugyancsak rétegelt falemez.

A tűzött dob palástját és a merevítő abroncsokat 0,9 mm vastag, 10-13 mm szártávolságú keményre húzott acélhuzal tűzőkapcsokkal rögzítik. Gyártható fedéllel vagy nyitott kivitelben.

A fűrészáru dob anyaga fenyő-, vagy lágylombos fűrészáru. A palástot függőleges helyzetű deszkaelemekből készítik és abroncsacéllal fogják össze, illetve merevítik a félkör alakú részekből összeállított tető-, valamint fenéklaphoz.

A fa kábeldobot villamos kábelek, sodronyok és huzalok szállításához fenyő fűrészáruból (luc-, jegenye-, ill. erdei fenyő) állítják elő.

Fő részei:

- a két egymásra merőlegesen fekvő deszkarétegből kialakított peremtárcsák
- 160 cm peremtárcsa átmérőig a magtárcsák, a felett a dongatartók
- a két peremtárcsát összekötő dobcsavarok

A szabványosított kábeldobot 500-2800 mm peremtárcsa és 250-1800 mm magátámérővel gyártják. A teherbírás 150-6300 kg, a tömege a 10-1000 kg között változik. A kábel a környezeti hatásokkal szemben a peremtárcsákhoz - acélszalagon át - szegezett zsaluzással is védhető.

2.3.6 Teherládák méretezése

Az utóbbi években a faládák gyártói annak érdekében, hogy kevesebb faanyag felhasználásával olcsóbb, de még biztonságosabb ládákat készítsenek, a ládák méreteit közelítő számítással határozzák meg.

A mechanikai modellezés során - az eddigi gyakorlatban - a ládát nem egységes teherhordó szerkezetként vizsgálták, hanem a láda egyes elemeit külön-külön modellezték, illetve méretezték. Ez a szemlélet - mint később ezt látni fogjuk - indokolatlan túlméretezéshez vezet, ami esetenként jelentős többletanyag felhasználással jár. Tény azonban, hogy a láda, mint egységes teherhordó szerkezet - a ráható sokrétű szállítási igénybevételekkel - csak leegyszerűsített feltételek mellett írható le, amelyek a számítások igen széles skálájú kiindulási feltételeiben is kifejezésre jut.

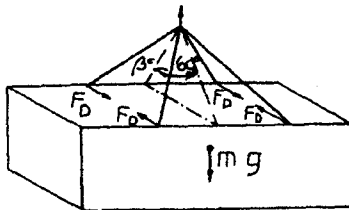
a) Igénybevételek

Nyomóerők: ezek terhelik a fedőlemezt, az oldalfalakat és a homlokfalakat, és ezeket nyomásra, illetve hajlításra és nyomásra veszik igénybe. Tengerentúli szállítás esetén a halmazolási nyomás $p = 5 \text{ kN/cm}^2$ értéktől egészen 20 kN/cm^2 értékig tehető, bizonyos körülmények között elérheti a $p = 45 \text{ kN/cm}^2$ értéket is. Számításkor a teher egyenletes eloszlása feltételezhető.

A fedőlap erői daruzáskor: ezek nyomó, illetve hajlító igénybevételt okoznak, melyek elsősorban a ládák fedőlapjait terhelik. Ha a kötél hajlásszöge $\beta = 60^\circ$ a daruhorognál (77. sz. ábra), akkor a fedőlapot terhelő erő:

$$F_D = 0,145 \cdot m \cdot g$$

ahol az m a rakomány + a láda együttes tömege.



77. ábra
Fedőlapot terhelő erők
daruzáskor

Alaperők: ezeket a rakomány m tömegéből származtathatjuk. Az alaperőket az alaplapra (fenéklap) ható egyenletes terhelésként, vagy a csúszótalpra ható vonalmenti beoszló terhelésként vehetjük figyelembe. Előfordul a teher 4 koncentrált erőre bontása is, mely erő a csúszótalpakra hatnak.

Csúszótalp terhelés: daruval vagy villás targoncával történő emeléskor lép fel, az igénybevétel jellege a két-támaszú tartóhoz hasonló.

Vízszintes erők: ezeket dinamikus hatások okozzák, mint pl. hirtelen indulás, fékezés, kanyarodás, rendezés. Ezek a tömegezők nemcsak a rakomány rakfelületén való rögzítési pontjait terhelik, hanem a szomszédos teherládák érintkezési felületeit is.

Javasolható, hogy a függőleges irányú dinamikus igénybevételek miatt - a számítások során - a rakomány tömegét kb. 10%-kal megnövelt értékkel vegyük figyelembe. Vasúti szállítás közben fellépő csúcsyorsulásokat a $a = 10 \text{ g}$ értékűre választhatjuk. A rakomány és a padlózat között ébredő F_s súrlódó erő számításakor a súrlódási tényező értékét $\mu = 0,5 \sim 0,55$ nagyságrendűnek tételezhetjük fel.

Anyagfeltételek: általában teherhordó elemként fenyőfa javasolható - a DIN 4017 szabvány szerinti II, osztályba sorolt, vagy ezzel hasonló paraméterű anyagból.

A leginkább igénybevett ládaelemre a DIN 1052 szabvány megengedett redukált feszültségként $\sigma_{\text{meg}} = 1 \text{ kN/cm}^2 = 100 \text{ kp/cm}^2$

ír elő (hajlítással párosult nyírás - csúszótalp) ami tekintettel a $\sigma = 8,7 \text{ kN/cm}^2$ törési hajlítószilárdságra önmagában is egy $j = 8,7$ -es biztonsági tényezőt jelent!

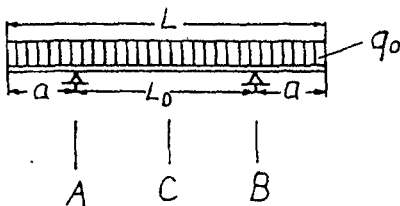
Megjegyezzük, hogy az erdei fenyő törési szilárdsáértékei tiszta húzás esetén $\sigma = 10,4 \text{ kN/cm}^2 = 1040 \text{ kp/cm}^2$, tiszta nyomás esetén - rosttal párhuzamosan - $\sigma = 5,5 \text{ kN/cm}^2$, rostra merőlegesen pedig $\sigma = 0,77 \text{ kN/cm}^2$. Tiszta nyírás esetén $\tau = 0,9 \text{ kN/cm}^2$. Az $E = 1000 \text{ kN/cm}^2$ értékben vehető figyelembe számítások során.

b) Számítási módszerek

b.1 Csúszótalp (ládafenék) méretezése megoszló terhelés alapján

A 78. sz. ábrán látható elrendezésben a csúszótalp igénybevételeit vizsgáljuk, olyan feltételezés mellett, hogy a teher a csúszótalpakat megoszló terhelésként veszi igénybe, s a daruzáskor fellépő kötélterők pedig meghatározott helyeken koncentrált erőként jelentkeznek.

A kötéltámadáspontjainak távolsága $L_D < L$, ahol L a csúszótalp, illetve a láda hossza.



78. ábra
Csúszótalp modellezése megoszló terheléskor

Határozzuk meg az "a" (csúszótalp túlnyúlás) azon értékét, mely mellett a nyomatéki ábra legkedvezőbb eloszlású, vagyis a csúszótalp hajlító igénybevétele a legkisebb lesz. Ez azon $a_K = a$ érték mellett következik be, amikor a kötélerek támadáspontjaiban ébredő M_A és M_B hajlítónyomaték megegyezik a láda középvonalában ébredő M_C hajlítónyomatékkal.

Az ábra alapján:

$$M_A = Q \cdot \frac{a_K}{2} = p \cdot a_K = \frac{1}{2} p a_K^2$$

Továbbá:

$$M_C = B \cdot \frac{L_D}{2} - Q \cdot \frac{L}{4} = B \cdot \frac{L - a_K}{2} - \frac{pL}{2} \cdot \frac{L}{4}$$

$$M_C = \frac{1}{8} p (L^2 - 4 L a_K)$$

A fenti két egyenletből a_K -ra nézve az alábbi másodfokú egyenletet kapjuk:

$$L^2 - 4 L a_K - 4 a_K^2 = 0, \text{ ennek megoldása}$$

$$a_K = 0,2071 L$$

A fenti $a = a_K$ túlnyúlás esetén lesz a csúszótalp hajlító igénybevétele a legkisebb, az $|M_A| = |M_C| = |M_B|$!

A csúszótalp keresztmetszeti tényezője $K_X = \frac{b h^2}{6}$, ahol b a gerenda szélessége, h pedig a magassága.

A hajlítófeszültség legkisebb értékét a $a = a_K$ feltétel esetén kapjuk

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_h}{K} = \frac{M_A}{K} = \frac{\frac{1}{2} p \cdot a_K^2}{\frac{b h^2}{6}} = \frac{3 p a_K^2}{b h^2} = \frac{3 p (0,2071 L)^2}{b \cdot h^2} \\ &= \frac{0,1286 p L^2}{b \cdot h^2} = 0,1286 \cdot \frac{m \cdot g \cdot L}{n \cdot b \cdot h^2} \quad (\text{N/cm}^2) \end{aligned}$$

ahol tehát

- m - a rakomány tömege (kg)
- L - a csúszótalp (láda) hossza (cm)
- b - a csúszótalp
- h - a csúszótalp magassága (cm)
- n - a csúszótalpak száma

A fentiek alapján a kapott feszültséget azonban fenntartással kell fogadnunk, hiszen a gyakorlatban az $a = a_K$ feltétel ritkán teljesül.

Amennyiben $a < a_K$, akkor a legnagyobb feszültség a tartó (csúszótalp) középvonalában ébred (C pontban):

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{ma}}{K} = \frac{M_C}{K} = \frac{\frac{1}{8} p (L^2 - 4La)}{\frac{b h^2}{6}}$$

Általános esetben:

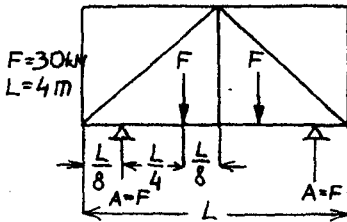
$$\sigma_{\max} = \frac{0,75 \cdot m \cdot g \cdot (L - 4a)}{h \cdot b \cdot h^2} \quad (\text{N/cm}^2)$$

A feszültség meghatározásakor - jelen esetben - nem vettük figyelembe, hogy a teherfelvételben nemcsak a csúszótalp, hanem az oldalfalak is részt vesznek. A következő lépésben az oldalfalakat is bevonjuk a teherfelvételbe, s határozzuk meg a feszültséget.

b.2 A rácsos tartó módszere

Itt egy oldalfal síkrács-szerkezetét vizsgáljuk (79. sz. ábra).

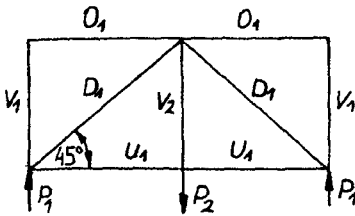
A rácsos tartók méretezésének módszerével az egész oldalfalat, mint rendszert fogjuk fel. Feltételezzük, hogy



79. ábra
Oldalfal síkrács szerkezete

- a külső erők csak a csomópontokon hatnak és
- alakváltozások nincsenek, rendszer statikus.

A nem a csomópontokon ható erőket azokkal ekvivalens P_i csomóponti erőkkel pótoljuk (az erőt két szomszédos csomópont között osztjuk meg). Ezzel megállapíthatók a rúd (heveder) erők. Az eljárást egy számpélda illusztrálja. A rúd-, ill. hevedererők ekkor a következők (80. sz. ábra):



80. ábra
Oldalfalban ébredő rúd-
és hevedererők

$$P_1 = F \frac{L/8}{L/2} - A \frac{3L/8}{L/2} = -F/2 = -15 \text{ kN} (\downarrow)$$

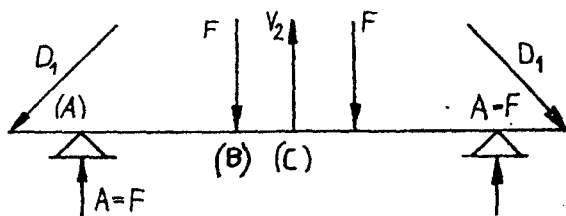
$$P_2 = 2F \frac{3L/8}{L/2} - A \frac{L/8}{L/2} = F = 30 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$V_1 = 0; O_1 = 0; V_2 = 15 \text{ kN (húzás)}$$

$$D_1 = \sqrt{2} \cdot 15 = 21,2 \text{ kN (nyomás)}$$

$$V_2 = \sqrt{2} \cdot 21,2 = 30 \text{ kN (húzás)}$$

A hajlítónyomatékok meghatározása az alsó hevederben (81. sz. ábra):



81. ábra

Az alsó hevederben ébredő erők megoszlása

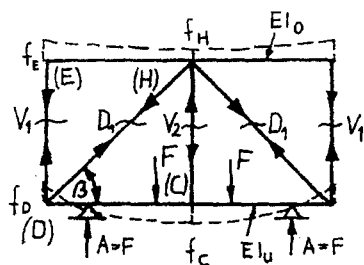
$$M_{bA} = - D_1 \cdot \sin(45^\circ) \cdot (L/8) = - 7,5 \text{ kNm}$$

$$M_{bB} = - D_1 \cdot \sin(45^\circ) \cdot (3L/8) + A \cdot (L/4) = 7,5 \text{ kNm}$$

$$M_{bC} = D_1 - \sin(45^\circ) \cdot (L/2) + A \cdot (3L/8) - F \cdot (L/8) = 0$$

b.3 Az oldalfal modellezése statikailag határozatlan szerkezetként

Ugyanazt a síkfalat vizsgáljuk, mint az előző esetben (82. ábra).



82. ábra

Oldalfal modellezése statikailag határozatlan szerkezetként

Ennél az eljárásnál az egyes elemek alakváltozásait is figyelembe vesszük. Ehhez ismernünk kell minden egyes rúd, illetve heveder $A_1 E$ húzási merevségét, illetve IE hajlítási merevségét.

Az elmetszett rendszerre igaz, hogy

$$2 V_1 + 2 D_1 \sin \beta - V_2 = 0$$

A D, illetve C rácspontok elmozdulásai

$$f_C = f_{CV1} + f_{CD1} + f_{CV2} + f_{CF}$$

A rudak $\Delta 1_i$ axiális változásokat szenvednek. Az egyes rúde-
rők

$$V_1 = \Delta 1_{V1} \cdot \frac{EA}{H}$$

$$V_2 = \Delta 1_{V2} \cdot \frac{EA}{H}$$

$$D_1 = \Delta 1_{D1} \cdot \frac{EA}{\sqrt{2} \cdot H}$$

$$D_1 \cdot \cos \beta = \frac{EA_u}{L/8} \cdot \Delta 1_u \dots \dots D_1 \text{ erő hatására a DA sza-} \\ \text{kasz deformálódik}$$

Az $f_{CV1} \dots \dots$ a c pont lehajlása a V_1 erő hatására

Kiinduló adatok

$A = 35 \text{ cm}^2$	$F = 30 \text{ kN}$
$A_u = 182 \text{ cm}^2$	$L = 4 \text{ m}$
$I_u = 3939 \text{ cm}^4$	$H = 2 \text{ m}$
$I_o = 282 \text{ cm}^4$	
$E = 1000 \text{ kN/cm}^2$	

A számítást elvégezve:

$$V_1 = - 0,028 \text{ kN (nyomás)}; D_1 = - 22,4 \text{ kN (nyomás)}$$

$$V_2 = - 31,6 \text{ kN (húzás)}; f_D = 0,074 \text{ cm}; f_C = 0,44 \text{ cm}$$

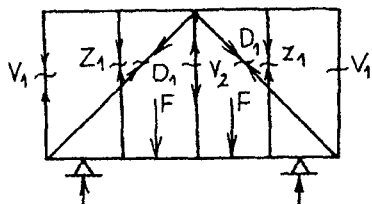
A hajlítónyomatékok az alsó övben:

$$M_{bA} = - 7,92 \text{ kNm}$$

$$M_{bB} = 6,24 \text{ kNm}$$

$$M_{bC} = - 1,74 \text{ kNm}$$

Ha a kapott rúderőket megvizsgáljuk (akár a rácsos tartó, akár a statikai határozatlanság elve alapján kiszámítottat), feltűnik a V_2 és D_1 erők nagysága. Kétséges, vajon ezeket az erőket szögeléssel a rudakról a csúszótalpaknak át tudjuk-e adni? Szükséges azért, hogy az oldalfal borítódeszkáját megfelelő hosszúságú további két függőleges hevederrel erősítsük meg (83. sz. ábra).



83. ábra
Függőleges hevederekkel megerősített oldalfal

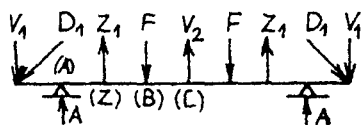
A póthevederekben fellépő erőket Z_1 -el jelöltük. Anélkül, hogy a számítást részletesen tárgyalnánk, megjegyezzük, itt a rácsos tartó módszerét nem alkalmazzuk, hiszen ennek feltétele, hogy a felső- és alsó hevederek, azokon a helyeken, ahol a rudakkal találkoznak, csuklóval rendelkezzenek. Ennek feltételezése azonban a valóságos helyzetet nagyon torzítaná, ezért a számítást a statikailag határozatlan rendszerek szuperponálási módszerével határozzuk meg, amely figyelembe veszi a szán és a hevederek "tartó" jellegét.

E számítás eredményei közül 13 ismeretlennel és 13 egyenlőséggel – a fontosabbak:

$$Z_1 = 13,735 \text{ kN (húzás)}; V_2 = - 8,261 \text{ kN (húzás)}$$

$$D_1 = - 17,08 \text{ (nyomás)}; V_1 = - 5,788 \text{ kN (nyomás)}$$

$$f_D = - 0,24 \text{ cm}; f_C = 0,81 \text{ cm.}$$



84. ábra
Csúszótalpra ható hevedererők megerősített oldalfal esetén

A csúszótálp hajlítónyomatékainak meghatározása (84. sz. ábra):

$$M_{bA} = - 8,932 \text{ kNm}; \quad M_{bB} = 10,07 \text{ kNm}$$

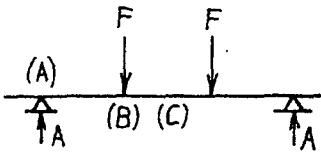
$$M_{bZ} = - 2,963 \text{ kNm}; \quad M_{bC} = 9,0 \text{ kNm}$$

A póthevederek felvételével a szánra ható hajlítónyomatékok elhanyagolható mértékben növekedtek, a V_2 rúderő ugyanakkor erősen, a D_1 pedig kismértékben csökkent, a V_1 rúd pedig jelentősen nagyobb nyomást vett fel.

Ha további függőleges hevedereket illesztünk be, akkor a rúderők tovább csökkennek és az igénybevételek ezzel egyidejűleg kiegyenlítődnek, a hajlítónyomatékok a felső övben mérséklődnek.

c) Az eredmények összehasonlítása

A csúszótálpak koncentrált teherrel való igénybevételének figyelembevételére alkalmas számításokhoz a szakirodalomban nomogramok, táblázatok nem állnak rendelkezésre. Az eddigi eljárások szerint a 85. sz. ábrán vázolt egyszerű modelt lehetett felállítani.



85. ábra
Csúszótálpak koncentrált teherrel történő igénybevételének modellje

Innen a hajlítónyomatékok:

$$M_{bA} = 0, \quad M_{bB} = 30 \text{ kNm} \text{ és } M_{bC} = 30 \text{ kNm.}$$

Havasolható, hogy koncentrált terhelés és az oldalfalaknak, valamint a szántálpaknak szöggel való összekapcsolása esetén a teljes árutömegnek a 80%-ával számoljunk. Ez a fenti esetben:

$$M_{bB} = M_{bC} = 24 \text{ kNm.}$$

Ha a szokásos csúszótalp (szán) keresztmetszetét 11x16 cm-re választjuk, a keresztmetszeti tényező $K_x = 469 \text{ cm}^2$, akkor

$$\sigma_{b\max} = \frac{M_{b\max}}{K_x} = \frac{3000}{469} = 6,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{b\max} = \frac{2400}{469} = 5,1 \text{ kN/cm}^2.$$

A statikailag határozatlan szerkezetek alakváltozást figyelembe vevő számításával ugyanakkor

$$\sigma_{b\max} = \frac{792}{469} = 1,7 \text{ kN/cm}^2$$

eredményt kaptuk.

Megerősített oldalfal esetén az eredmény

$$\sigma_{b\max} = \frac{1007}{469} = 2,15 \text{ kN/cm}^2.$$

Ha ezt az utóbbi értéket - mint kedvezőtlen esetet - fogadjuk el és összehasonlítjuk azzal, amelyet az elemek közötti kötőhatás elhanyagolásával számítottunk, világossá válik, hogy a hagyományos módszerekkel 2,5.....3-szor akkora értékeket kapunk.

Anélkül, hogy a kapott eredményeket általánosítanánk, a következő megállapításokat tehetjük.

Amennyiben továbbra is az elemenkénti számítás módszerét alkalmazzuk, a szántalpra, mint a leginkább igénybevett ládaelemre az engedélyezett 1 kN/cm^2 (láda DIN 1052) helyett $\sigma_{b\text{eng}} = 2,5.....3 \text{ kN/cm}^2$ igénybevétel-nagyság engedhető meg!

Az eddigi módszerekkel a keretelemeket egymásra rakáskor fellépő igénybevételnek tették ki. A darukezelés alkalmával is fellépnek azonban jelentős erők a vertikális alkotóelemekben; így pl. a megerősített oldalfalra:

$$\sigma_{dD1} = \frac{D_1}{A} = \frac{17,08}{35} = 0,49 \text{ kN/cm}^2 \text{ (nyomás)}$$

$$\sigma_{zZ1} = \frac{Z_1}{A} = \frac{13,74}{35} = 0,39 \text{ kN/cm}^2 \text{ (húzás)}$$

Ezek az értékek a DIN 1052 szabványnak megfelelnek. Ha a diagonális hevedert kihajlásra vizsgáljuk, akkor

$$F_{kelm} = \pi^2 \cdot \frac{EI \min}{\sqrt{2} H^2} = 4,5 \text{ kN},$$

ugyanakkor a tényleges nyomóerő, $D_1 = 17,08 \text{ kN}$.

Feltételezhetjük azonban, hogy a szabad kihalási hossz, a függőleges pótheveder miatt (ezt a kapcsolatot eddig az egyszerűsítések érdekében figyelmen kívül hagytuk) valójában csak $(\sqrt{2}/2) \cdot H$ akkor az elméleti hajlítóerő már 18 kN .

2.3.7 Csomagolási segédanyagok fából

A fát segédanyagként elsősorban ékek, ki- és alátámasztó, valamint körülhatároló elemek készítésére használják fel. Vastagságukat, ill. keresztmetszetüket a rögzítendő áru jellemzői (mérete, súlya és súlyeloszlása), a csomagolóeszközben rendelkezésre álló hely, valamint a várható külső igénybevételek határozzák meg.

A fagyapot egyike a legrégebbi párnázóanyagoknak. A faanyag 200-500 mm hosszú, 1-6 mm széles és 0,16-0,26 mm vastag szálakra alakításával és kuszálásával állítják elő. Mivel nedvesen elősegíti a korróziót, túl szárazon pedig törékeny, szennyező és a párnázó hatása is csak nagy bizonytalansággal állítható be, lassan kiszorul. Ma már inkább csak üveg-, porcelán- és kerámiaárúk ütés, nyomás elleni védelmére alkalmazzák.

2.4 Fém csomagolószerek

a) Fém alapú csomagolóanyagok

A fém a csomagolóanyagok sorában ipari elterjedéséhez viszonyítva későn, a XVIII. sz. végén a XIX. sz. elején jelent meg. Oka, hogy csak ekkorra sikerült előállítani a fém csomagolóeszközök gyártásához szükséges vékony lemezeket. A csomagolóiparban jelenleg az acélnek és az alumíniumnak van kiemelkedő szerepe. Az ón, a horgany és újabban a króm bevonatként, az ón még mint tubus alapanyag ismert.

Az acélt a csomagolóiparban általában 0,14-2,5 mm vastag lemez formájában használják fel. A melegehengerléses technológiát a korszerű automatagépek elterjedésével, a vékonyabb lemezeknél, egyre inkább a hidegehengerlés váltja fel.

Speciális porkohászati, illetve hengerléses technológiával gyártják a 0,10 mm vastagság alatti acélfóliát. Ipari méretekben először 1964-ben sikerült előállítani ónozott, illetve korrózióálló acélból. Ma már többféle minősége ismert, 0,025-0,09 mm vastagságban.

Az acéllemeznek a felületi kezelés mellett legfontosabb jellemzője a vastagság. Az átlagos vastagságot tömeg és hossz-méréssel állapítják meg az alábbi képlet szerint

$$v = \frac{g}{F \cdot d} \text{ (m)}$$

ahol

- g - a lemez tömege (kg),
- F - a lemez felülete (m²),
- d - sűrűség (7840 kg/m³).

Az alumínium jó feldolgozhatósága, a termékek többségével való összeférhetősége és kedvező megjelenése révén az utóbbi évtizedben gyors ütemben hódít teret a csomagolóiparban is. A feldolgozási technológiától függően lemezből vagy tárgyából indulnak ki. A legnagyobb mennyiségben a hengerléssel előállított lemezt (0,3 mm felett), vékony szalagot (0,1-0,3 mm) és fóliát (0,10 mm alatt) dolgozzák fel. A hidegen hengerelt anyag keménységi állapota szerint lehet:

- hengerkmény (hk),
- lágy (l),
- félkemény (fk) és
- kemény (k)

minőségű.

A szokásos tisztasági fok 99,5-99,8, amely a korrózióállóság szempontjából is a legalkalmasabb. Az alumíniumnál is szokásos a - lakkozás, amelyhez jól beváltak az epoxifenol kombinációk.

A fröccsajtolásos feldolgozáshoz alumínium tárcsára van szükség. Anyaga 99,5-99,7 tisztaságú ötvözetlen alumínium. Vastagsága 3-5 mm, átmérője a készíten-dő termék (doboz vagy tubus) méretének függvénye.

b) Fém csomagolóeszközök

A tubust régebben ónból, ma már csaknem kizárólag alumíniumból fröccsajtolással készítik. Fogyasztói csomagolóeszköz, amely egyik végén - kúpos átmenet után - nyitott, zárt csillagos vagy kúpos fejű, másik végén a töltést követően visszahajtogatással (esetleg hegesztéssel!) zárt hengeres fémcső. Falvastagsága a mérettől függően 0,1-0,15 mm. Névleges űrtartalma 7,5-298 ml, hasznos űrtartalma pedig kb. 6-230 ml között változik.

A tartalom vegyi hatásától függően lehet:

- kívül és belül bevonatlan,
- kívül bevonatlan, belül lakkozott,
- kívül alapozott, belül bevonatlan avagy lakkozott,

- kívül alapozott, és litografált, belül bevonatlan vagy lakkozott,
- gumírozott.

A fémtubusokat ma már szinte kizárólag csavarmentes műanyag kupakkal zárják. A szokásos hazai kupakanyagok a polietilén, a polisztirol és a bakelit.

A fémdoboz szerkezetétől és rendeltetésétől függően finomlemezből, vékonyzalagból, fóliából, ill. tárcsából gyártható.

Az acéllemez dobozokat többnyire három-, kisebb mennyiségben kétrészes kivitelben gyártják. A háromrészes dobozt palástból, valamint tetőrészből és fenéklemzeből állítják össze.

A palást készítésének műveletei:

- szélezés,
- derékszögvgágás,
- előszabás,
- végszabás,
- hajlítás,
- a szélek összekapcsolása, átlapolással vagy korcolással, az átlapolt vagy korcolt szélek forrasztása.
- a tető- és fenéklemizzel való egyesítéshez való peremek kialakítása.

A fenéklemez és a palázztal tartósan egyesített tetőrész gyártásának lépései:

- megfelelő méretű, ún. cikk-cakk lemezcsíkok levágása,
- formázás hidegsajtolással,
- a palázztal kapcsolódó perem kialakítása,
- a perem előtömítése gumizással,
- szárítás a gumitömítés szilárdítására és vulkanizálására.

A palázztot és a fenékrészt ma már szinte kizárólag az ún. kettős korcolással egyesítik, amely két részből, az előzárásból és a végzárásból áll. A tetőrészt, típusától függően, a gyártás során vagy a doboz megtöltése után helyezik fel.

A kétrészes acéllemez doboz a fenéklappal együtt kialakított palázztból és a fedélből áll. A legkorszerűbb gyártástechnológiája a mélyhúzásos nyújtás. Kör alakú lemezből először mélyhúzással ún. csészéket készítenek, majd ezek nyújtásával alakítják ki a doboztestet.

A mélyhúzás és a nyújtás egy gépen kombinált szerszámmal, vagy két különálló gépegységben többfészkes formázó szerszámokkal oldható meg.

Az alumínium dobozoknál - az acéltól eltérően - a kétrészes dobozoknak van lényegesen nagyobb jelentősége. Mind az anyagválaszték (lemez, vékonyzalag, fólia, tárcsa), mind a gyártástechnológia is változatosabb.

A kétrészes alumíniumdoboz készíthető:

- hidegfolyatással,
- mélyhúzással,
- falat gyengítő mélyhúzással.

A hidegfolytatásos technológiánál a fenékrésszel összefüggő palástból és a külön tetőből álló doboz előnyei a viszonylagos igénytelenség az alapanyaggal szemben és az egyszerű technológiai berendezések. Hátrányaként kell megemlíteni a kis termelékenységet (25-40 db/perc) a palást-rész kis szilárdsága miatti nagy fajlagos anyagfelhasználást, illetve ennek következményét, a kedvezőtlen gazdaságossági mutatókat. Kiinduló anyaga 99,5-99,7 tisztaságfokú, 3-5 mm vastag, 50-120 mm átmérőjű tárcsa. A doboz felületének belső lakkozása, illetve a külső litografálás a gyártás után végezhető el.

Mélyhúzással csak lapos dobozok állíthatók elő. Az alapanyag 0,25-0,30 mm vastag, 2,5% Mg-al ötvözött, lakkozott, illetve litografált szalag. E technológiát a nagy termelékenység (160-200 db/perc) és a kis munkaigényű berendezések jellemzik. Jó mechanikai szilárdságú dobozok állíthatók elő, de az eljárás megfelelő minőségű szalagot és aránylag költséges technológiai berendezéseket igényel.

Mélyhúzásra az alumíniumfólia is alkalmas. A 0,05-0,15 mm vastag anyagból hengeres és szegletes csomagolóeszközök egyaránt készíthetők. Előnyük a jó formázhatóság és a kis önsúly. Mechanikai hatásokra azonban érzékenyek, könnyen deformálódnak.

Az alumíniumdobozok legújabb gyártástechnológiája az ún. falat gyengítő mélyhúzás. Az alapanyag 0,5 mm vastag, ötvözött, lakkozatlan szalag, amelyből első lépésben csészt húznak, majd azt gyorsjáratú ikerpréseken formálják a kívánt alakra. Egyaránt előállíthatók lapos és magas dobozok. A lakkozás, litografálás utólag végezhető. Előnye a nagy termelékenység, ezzel szemben igen jó minőségű ötvözött szalagot igényel. Aránylag jelentősek a beruházási költségek is.

A háromrészes alumínium dobozt hegesztéssel vagy ragasztással gyártják. Mind az ultrahangos hegesztés, mind a műanyag alapú ragasztóval végzett ragasztás még csak kísérleti szakaszban van.

Szerkezetüket tekintve a fémdobozok a palást és a tetőlap egyesítése szerint csoportosíthatók.

A betoló fedelű fémdobozt általában hengeres kivitelben készítik.

Kivitele alapján lehet:

- kívül és belül bevonatlan,
- egy oldalon lakkozott,

- két oldalon lakkozott és
- kívül nyomtatott, belül bevonatlan vagy lakkozott.

A zárórész kialakításától függően egyszeres és kétszeres zárású dobozt különböztetnek meg. Különösen az utóbbi típus még folyadékoknál is megbízhatóan zárt.

A rátoló fedelű fémdobozt a szokásos hengeres forma mellett gyakran szegletes kivitelben készítik. A tetőrész egyik oldala a doboztesttel tartósan is egyesíthető, ez az akasztott fedelű fémdoboz.

Zárás szempontjából a rátoló fedelű doboz készíthető:

- vágottszelű palástartalattal és tetővel,
- hajlított szelű palástartalattal és göngyöltetett tetővel,
- vagy
- a fenti változatok kombinációjával.

Szilárdsága, különösen nyitott állapotban, kisebb mint a betoló fedelű dobozé. Visszazáráskor a palást könnyen deformálódik.

A tartósan rögzített fedelű doboznál a tetőrész peremmezéssel, forrasztással vagy hegesztéssel kapcsolható a palástartalathoz. A peremezés a konzervdobozoknál szokásos. A forrasztást a felgöngyölhető fedelekhez alkalmazzák. A hegesztésre a vékonyzalag és fólia alapú dobozoknál van lehetőség, ha az érintkező felületeket hegeszhető lakk- vagy műanyag bevonattal látják el.

A peremezett és forrasztott fedél csak segédeszközzel nyitható. A felhasználás megkönnyítésére az utóbbi években egyre kedveltebb a feltéphető fedél. Anyaga nagy méretpontosságú 0,25-0,35 mm vastag ötvözt, lakkozott alumínium vékonyzalag. A feltépes préseléssel vagy bemetszéssel gyengített él mentén a fedélhez szegecseléssel vagy ultrahangos hegesztéssel rögzített gyűrű, ill. fül segítségével végezhető. Folyékony termékeknél kis nyílás téphető fel, míg szilárd tartalomhoz a teljes fedél vagy annak nagyobb része távolítható el.

A tartósan rögzített fedelű dobozok döntő többségét a konzervdobozok teszik ki. Anyaguk szinte kizárólag ónozott acéllemez. A szokásos lemezvastagság 0,16-0,35 mm, az úrtartalom 50-10 000 ml.

A kanna folyadékok, valamint pépes áruk kis és közepes méretű szállítási csomagolóeszköze. Anyaga általában pácolt vagy fémbevonatú acéllemez, de alumíniumból is gyártható. Fő típusai:

- a hobok,
- a lövedék alakú és
- a szegletes kanna.

A hobok szerkezetileg a betoló fedelű dobozhoz hasonló szállítási csomagolóeszköz. A fedél a teljes tetőlapot magában foglalja. Mozgatását a palásthöz rögzített két hordfűl könnyíti. Töltőtömege 10-25 kg. Anyaga főként acél-, ritkábban alumíniumlemez. Vegyipari termékek csomagolására használatos.

A lövedék alakú kanna igényesebb termékek szállítási csomagolóeszköze. Anyaga általában önozott acéllemez, de gyártják alumíniumból is. A kúpos nyakrész és a betoló fedél révén igen szilárd. Névleges befogadóképessége 5 és 20 liter. Mozgatását a paláston elhelyezett két hordozó fogantyú könnyíti.

A szegletes kanna legismertebb változata a 10 vagy 20 liter névleges űrtartalmú üzemanyagkanna. A tetőlapon van a töltő- és ürítőnyílás, valamint egyes típusoknál a hordozó fogantyú. (Egyébként a hordozó fogantyú a két rövidebb palástoldal felső részén található.) Anyaga főként pácolt vagy önozott acéllemez.

A dob acél- vagy alumíniumlemezből, hengeres kivitelben, sima vagy hullámosított palásstal gyártott szállítási csomagolóeszköz. Szerkezete egyaránt kialakítható levehető és rögzített fedéllel, kisebb űrtartalom esetén két vagy több hordfogantyúval. Űrtartalma 20-500 liter között változhat. Szokásos falvastagsága (acéllemezéből) az űrtartalomtól függően 0,3-1,0 mm.

A hordó alapanyaga cél-, vagy alumíniumlemez. Fő felhasználási területe a folyékony vegyi anyagok szállítási csomagolása, de pépes és por alakú, illetve apró szemcsés vegyi anyagokhoz, valamint élelmiszerekhez is alkalmas. Az acélhordót névleges űrtartalmától (50-500 liter) és kivitelétől (normál, könnyű, nehéz) függően 0,9-2,8 mm vastag lemezből, hengeres, ritkán "hordó" alakú palásstal, hegesztéssel (a könnyű kivitelnél esetleg korcolással) állítják elő.

A lemezanyagot kívül festék-, vagy kívül-belül horganybevonat védi. A töltéshez és ürítéshez a palást középvonalában kb. 80 mm átmérőjű lyuk van. Ismeretes a fenéklapon külön töltő és a paláston ürítő nyílással ellátott, valamint a pépes és szilárd anyagok szállításához leemelhető tetőlappal gyártott hordó is.

A palástot a szilárdság növelése és a könnyű mozgatóság céljából szerkezeti acélból készített és melegen ráhúzott, vagy saját anyagából domborított gördítőbronzcsal látják el.

Az alumíniumhordót az alapanyag kisebb szilárdsága miatt viszonylag vastagabb lemezből és sajátosan merevített szerkezettel, hegesztéssel állítják elő. Alakja többnyire örzi a hagyományos hordó jelleget. Szokásos űrtartalma 5-100 liter.

A szállító-, tároló- és kezelőládákat rögzített vagy összehajtható szerkezettel, a kisebb saját tömeg érdekében ma már főként alumínium lemezből állítják elő. A rakodólápos szállítás és tárolás követelményeit szem előtt tartva a maximális külméreteket, valamint a hasznos belméreteket szabványosították. 32 változatot tartalmazó méretsort alakítottak ki. Egyaránt készíthetők hordfogantyúval, támasztólábbal, a halmazolást elősegítő illesztő idomokkal, fedéllel vagy anélkül.

c. Csomagolási segédanyagok fémből

Rémekből csomagolási célra segédanyagként:

- kötőelemeket,
- záróelemeket és
- pántolóelemeket

állítanak elő.

A kötőelemek elsősorban a fa és papír alapú csomagolóeszközök összefogásához és zárásához, valamint a súlyosabb termékek rögzítéséhez használatosak. Anyaguk acél.

A szeg az egyesítendő elemekkel való súrlódása révén fejti ki összekapcsoló hatását.

A csavarok közül legelterjedtebb a facsavar és a kapupántcsavar. Mindkettő szabványosított elem.

A fém záróelemek elsősorban az üveges csomagolóeszközkhöz használatosak. Anyaguk típusától függően, acél vagy alumíniumkupak (szeszipari palackhoz stb.), valamint a zárólapka, a csavarmenetes fedél és a körmös fedél (a bőszerű üvegekhez, mint pl. a konzerves üveg).

A pántolóelemek közül a csomagoló acélszalagot kell kiemelni, amelyet fa-, ritkábban papírládák alakváltozásának gátlására és zárásának biztonságosabbá tételére alkalmaznak. Hidegen hengerelt szalagacélból állítják elő, szokásos vastagsága 0,5-0,6 mm, szélessége 10-16 mm.

A csomagolóeszközön megfeszített pántot fémhüvellyel, szélének bemetszésével és visszahajtásával, vagy ritkábban hegesztéssel rögzítik. A szükséges pántok száma a szalag szélessége és vastagsága, illetve a csomagolás össztömegének ismeretében nomogram vagy tapasztalati képlet segítségével határozható meg.

A Magyarországon szokásos keresztmetszetű és szilárdságú csomagoló acélszalaghoz jól használható az alábbi tapasztalati képlet

$$n \geq \frac{Q}{120}$$

ahol

n - a pántolások száma, $n_{\min} = 2$,

Q - a csomagolás össztömege (kg).

2.5 Üveg csomagolószerek

a) A csomagolóüveg jellemzői

Az üveg folyékony olvadék állapotból fokozatosan megdermedt, nem kristályos szerkezetű anyag. A csomagolóüveg fő alkotóelemei:

- szilíciumdioxid (74-76%, min homok),
- alkáliák (12-17%, szódaként),
- kalciumoxid (8-13% mészkő formájában).

Ezenkívül kisebb mennyiségben tartalmaz adalékokat (a fény, szín, ultraibolya-sugárzás átteremtés befolyásolására), valamint különböző szennyeződések.

A csomagolóüveg sűrűsége 2500 kg/m^3 fényátteremtése kb. 90%. Vegyi ellenállását a felületén nedvesség hatására képződő 10-100 A vastagságú szilikagél réteg adja. Ez az élelmiszerek szokásos vegyi hatásaival, valamint az atmoszferikus igénybevételekkel szemben kielégítő védelmet nyújt.

Mechanikai jellemzőit tekintve, a belső igénybevételek elleni húzószilárdság $35-85 \text{ N/mm}^2$, a kívülről ható erővel szembeni ellenállást nyújtó nyomószilárdság lényegesen nagyobb $500-2000 \text{ N/mm}^2$. A gyakorlati szilárdsági jellemzők azonban meg sem közelítik az elméletileg elérhető értéket. Már 1920-ban megállapították, hogy az üveg elméleti szilárdsága mintegy 20-szor nagyobb mint az acélé, de a felületi hajszálrepedések miatt ezt nem lehet elérni. Az utóbbi években kifejlesztett felületkezelési eljárásokkal és célszerűbb formatervezéssel mégis sikerült viszonylag rövid idő alatt a szilárdságot mintegy megkétszerezni, bár az még mindig messze elmarad az elméleti értékektől.

Összefoglalva a csomagolóüveg előnyös és hátrányos tulajdonságai a következőkben jellemezhetők:

- jól alakítható és feldolgozható,
- vegyi hatásokkal szemben igen ellenálló, csak a fluorhidrogén támadja meg,
- íz, szag- és aromazáró,
- gáz-, vízgőz- és folyadékzáró,
- könnyen és jól tisztítható, sterilizálható,
- szilárd, egyenletes falvastagság mellett és megfelelően méretezve nagy belső-, vagy külső túlnyomást is elvisel,
- átlátszó, a betöltött áru jól megtekinthető,
- esztétikus, tetszetős és változatos formában gyártható,
- feldolgozása könnyen gépesíthető, de
- ütésre és hirtelen hőmérséklet-változásra érzékeny,
- sűrűsége aránylag nagy ($2,5 \text{ kg/dm}^3$),
- az egyetlen csomagolószerszám, amelynek nincsenek üres állapotban egymásba csúsztatható, vagy összehajtható típusai.

b) Üveg csomagolóeszközök

A gáz- vagy olajtüzelésű kemencében max. 1580 °C-on megolvasztott alapanyagból szájfúvással, ill. fél- vagy teljesen automata gépeken állítják elő az üveg csomagolóeszközöket.

Jellege alapján megkülönböztetnek:

- szűkszájú,
- bőszájú és
- különleges öveg csomagolóeszközöket.

A szűkszájú üveg csomagolóeszközökhöz tartoznak a legnagyobb átmérő 1/3-ad részénél kisebb szájnnyílású üvegek, úgymint:

- gyógyszeres üveg,
- borospalack,
- söröspalack,
- szeszipari palack,
- ásványvizes, gyógyvizes és gyümölcslé palack,
- demizson,
- ballon.

A gyógyszeres üveg a belsőleg használatos gyógyszerekhez hengeres, a külsőleg alkalmazandó készítményekhez hatszögletes alakú bordázott. Színe fehér, barna, zöld, esetleg sötétkék. A szabvány szerinti úrtartalom 10-1000 g. A záróelem parafa-, vagy műanyag dugó, illetve csavarmentes kupak.

A pezsgőspalackot a megfelelő nyomásállóság (2,0, illetve 2,5 MPa) érdekében nagy falvastagsággal gyártják. Így nemcsak szilárd, hanem viszonylag nehéz csomagolóeszköz is. Szabvány szerinti úrtartalma 0,2, illetve 0,75 l, színe sötétzöld.

A söröspalack általában 0,33, 0,35 vagy 0,50 liter úrtartalmú, sötétzöld, ill. barna. Az előírt nyomásállóság legalább 1,2 MPa.

Leggyakoribb záróeleme a koronakupak. Külföldön hagyományos megoldás még a kengyelzár, de kísérleti jelleggel már megjelent a csavarmentes alumíniumkupak is.

A szeszipari palacknak is jellemzője, hogy többnyire már külső megjelenése utal tartalmára. A gyakrabban használt menetes szájú golyvás palack 0,5, 0,7 és 1 liter, a borpálinkás (brandy-s) palack 0,05, 0,1, 0,2, 0,25, 0,5, 0,7 és 1 liter úrtartalmú. A szokásos záróelem parafadugó, csavarmentes alumíniumkupak vagy alumínium tépőzár.

Az ásvány- és gyógyvizes, valamint gyümölcslé palackok rendeltetésüktől függően 0,2, 0,25, 0,3, 0,5, 1,0 és 1,5 liter úrtartalommal készülnek. Színük világos- vagy sötétzöld, illetve színtelen. A záróelem általában parafadugó,

koronakupak, esetleg kengyelzár. A gyümölcsle palack minimális belső nyomásállósága 1,0 MPa.

A demizson névleges űrtartalma 2-15 liter. Legkisebb falvastagsága 5 literig 1,5, felvette 2,0 mm. Színe sötét- vagy világoszöld, esetleg színtelen. Hántolt, fűzött, vagy hántolatlan fűzavessző vonat védi. Újabbán a műanyag fonat is terjed. A demizson olyan folyadékok csomagolására használható, amelyek gőznyomása + 50 °C-on a tömény sósav gőznyomását nem haladják meg.

Az üvegballon sajátos alakú, 25 vagy 50 liter névleges űrtartalmú szállítási csomagolóeszköz. Legkisebb falvastagsága 1,8 mm. Anyaga színtelen, félzöld, világoszöld, vagy sötétzöld.

Szájnyílása lehet:

- repesztett-,
- beeső dugóval készült és
- becsiszolt dugós.

Szállítás során fém, fa vagy vessző védőkosárba helyezik, amelyet szalmával, fagyapottal, kovafölddel stb. töltenek meg. Záróeleme üveg-, fa-, vagy kőanyag dugó.

A bőszejű üveg csomagolóeszközökhöz sorolják a legnagyobb átmérő 1/2-es részénél nagyobb szájnyílású konzerves és porüvegeket.

A konzerves üveg befogadóképessége 1/5-5/1 liter között van. Anyaga színtelen. Hazailag szökéses záróeleme gumigyűrűvel tömített fedél, különálló peremes gyűrűvel, valamint a körmös fedél. Egyes termékekhez rápatintós műanyag tetőt is alkalmaznak.

A porüveg, por alakú és szemcsés termékek csomagolásához kialakított üvegtípus. Űrtartalma 10 ml és 15 liter között változhat. Színtelen vagy barna színű, záróeleme üvegdugó, illetve menetes kupak.

A különleges üveg csomagolóeszközökhöz tartozik sajátos szerkezeti kialakításánál fogva:

- az ampulla,
- a fiola és
- a kozmetikai üveg.

Az ampulla és fiola anyaga vékonyfalú üvegcső. Az ampulla színtelen, a fiola színtelen, vagy barna színű. Az ampulla űrtartalma általában 1-3 cm³, de ennél nagyobb méretűt is gyártanak. Az ampullát töltés után forrasztással zárják. A fiola záróeleme parafa, vagy műanyag dugó, ritkábban fémkupak.

A kozmetikai üvegek fő jellemzője az esztétikus megjelenés, a termék reklámozása sajátos alak, díszítés és címkézés útján. A szín, méret és alak a legkülönbözőbb lehet.

2.6 Textil csomagolószerek

a) A textil csomagolószerek általános jellemzői

A textil a legrégebbi csomagolóanyagok egyike. Főként különböző háncrestokból állítják elő. A hosszú időn keresztül vezetõ szerepet játszó lent és kendert mindinkább kiszorítja az indiai eredetű juta. Elterjedése olcsóságának és nagy nyersanyagbázisának tulajdonítható. Tartósság, időállóság tekintetében ugyanis - viszonylag nagy lignintartalma következtében - nem állja a versenyt a hagyományos anyagokkal. Fő termelési területe India és Pakisztán.

Csomagolástechnikai célokra - ha egyre csökkenõ mennyiségben is - mint természetes szálanyagot, a gyapotból előállított pamutot is alkalmazzák. Hasonlóképpen nem jelentõsek a cellulóz alapú mesterséges szálanyagok, az ún. viszkózjuták sem. A jelenleg használatos textil csomagolószereket legcélszerűbb a feldolgozás jellege szerint csoportosítani. E tekintetben megkülönböztetnek:

- szövással,
- hurkolással és
- szövés nélküli technológiával

előállított csomagolószereket.

b) Szövés útján előállított textil csomagolószerek

Szövással a legnagyobb mennyiségben háncrestokból (len, kender, juta, ill. azok keveréke) állítanak elő csomagolóvásznat. A száltól és a szövismódtól függően többféle minőség ismeretes. A legelterjedtebb a durvább fonalú, vászonszövetes anyag a hesszián.

Ezért ma már minden csomagolóvászon közös elnevezéseként használják, jele: "Hess". Jellemzői a lánc- és vetülékfonal sűrűsége, finomsági száma, szakítószilárdsága, nyúlása, kopásállósága stb. Csomagolási szempontból elsõdlegesen négyzetméter tömegével jellemzik.

A csomagolóvászonból közvetlenül burkolatot, vagy konfekcionálás útján zsákot készítenek. A pamutanyagot csomagolási célokra molinó szövetként feldolgozva használják. A molinó egyágú nyújtott fonalból sűrűn szőtt, általában 0,05-0,08 kg/m² tömegű nyerspamutszövet, amelyből burkolatot vagy zsákot állítanak elő. Mindkettõ jelentősége egyre inkább csökken.

A textilburkolat leggyakoribb megjelenési formája a bála. A nagyobb halmazolási szilárdság és a térfogatigény csökkentése érdekében az egy vagy két rétegű burkolás előtt az árut általában présgéppel tömörítik. A burkolatot lerasztják vagy öltésenként csomózva levarrják.

A bálának szállítási, tárolási szempontból nagy előnye, hogy a hasznos és bruttó tömeg, illetve térfogat aránya kö-

zel 1. Hátránya viszont, hogy kizárólag mechanikai hatásokra (pl. ütés, nyomás) érzéketlen termékekhez felel meg, ahol az elsődleges feladat az egységbe fogás, a dézsmálás, nedvesség és szennyeződés elleni védelem. Átlagosan megengedett felső tömeghatára 150 kg. A csomagolóvázat nedvszívó tulajdonsága miatt impregnálják vagy műanyaggal rétegelik, illetve a bálát a külső textilréteg alatt paraffinozott-, vagy ITA papírral, esetleg műanyag fóliával burkolják.

A zsákot a csomagolószövet konfekcionálása után varrással vagy ragasztással állítják össze. Áruvédelmi szempontból a ragasztott zsák előnyösebb, mert kisebb a szóródási veszély. A rovarokkal szembeni védőhatása is jobb, mert azok többnyire az öltések mentén keletkező kis lyukakon hatolnak be a csomagolóeszközbe.

A textilzsáknak többnyire nyitott szájkiképzése van. A szelepes megoldás csak ritkán fordul elő. A nyitott száj rózsa-kötéssel vagy varrással zárható. A rózsakötés előnye, hogy gyorsan kialakítható és segédeszközt nem igényel. Ezzel szemben rongálja a zsák anyagát, kisebb a térfogatkihasználási mértéke, kevésbé jól halmazolható alakot eredményez. Levarráskor viszont jobb a dézsmálás elleni védelem és a halmazolhatóság, kisebb az anyagigény, de kialakításához gépi segédeszköz (hordozható vagy beépített varrógép) szükséges.

c) Hurkolással előállított textil csomagolószerek

Hurkolással főként gyümölcs- és zöldségfélék csomagolásához készítenek hálótömlőt. Ez általában pamut- és viszkózszál keverékéből, egyágú fonalból előállított, szembiztos, lánckötött és festett végtelen tömlő. A többnyire 1-2 kg befogadóképességű csomagolóeszközöket darabolással és a két vég, csomózással vagy fémgűrűvel való zárása útján alakítják ki. Jellemzője az egység nagysághoz viszonyított igen kedvező öntömeg, a viszonylag kis szilárdság és a nedvességgel szembeni érzékenység.

d) Szövés nélküli textil csomagolószerek

A tűzéssel vagy ragasztással készített kelmék jelentősége elsősorban abban van, hogy alapanyagként egyaránt felhasználható a rövid szálú len-, kender- és jutarost, viszkóz mészál, pamuthulladék és különféle haszonanyagok (pl. a használt gépkocsiabroncs feldolgozásakor visszanyert textilbetét).

A tűzött változatnál az előkészített anyagot speciális gépeken vezetik keresztül, amelyek tűzéssel beépített műszál fonalak útján részben az elemi részecskék tartós egységét, részben a megfelelő szilárdságot adják.

A tűzött kelméből általában por, karcolás és dörzsölés elleni védelmet nyújtó burkolatokat alakítanak ki. További kezeléssel a felhasználási terület jelentősen bővíthető.

Két oldalon kb. $0,02 \text{ kg/m}^2$ tömegű latex réteggel bevonva, $400/500 \text{ N/10 cm}$ szakítószilárdságú és cseppenő víz hatásának ellenálló csomagolókelme állítható elő. Fokozott követelemények esetén két réteg tűzött kelmét $0,16-0,18 \text{ kg/m}^2$ gumiréteggel egyesítenek, majd az anyag két oldalán m^2 -enként kb. $0,02 \text{ kg}$ latex-el vonják be. A szakítószilárdság eléri a $850-1050 \text{ N/10 cm}$ értéket, s a kelme párazáróvá válik. A tűzött kelmét érintkező széleinek összeragasztásával bálázásra, valamint zsákgyártásra használják.

A ragasztott változatnál a többrétegű fátolszerűen előkészített anyagot műgyantával egyesítik. A csomagolóiparban ezt a terméket csak különleges célokra alkalmazzák.

2.7 Műanyag csomagolószerek

a) A műanyag általános jellemzői

Lényegében minden, a természetben nem található, emberi tevékenység útján előállított anyag "műanyag"-nak nevezhető. A tulajdonképpeni műanyag fogalmát azonban csak azok elégítik ki, amelyek:

- szerves eredetűek,
- óriásmolekulákból állnak,
- vegyipari módszerekkel állítják elő, végül sajátos műszaki eljárásokkal dolgozhatók fel.

A műanyagok sajátos tulajdonságai a molekuláris szerkezetből következnek. Óriásmolekulák a természetben is találhatóak (pl. cellulóz, fehérjék), de ezek eredeti formájukban nem használhatók, illetve nem dolgozhatók fel a kívánt célszerűséggel. A műanyagokat természetes óriásmolekulák kémiai átalakításával, vagy kis molekulákból "felépítés" (szintézis) útján állítják elő.

Egy-egy műanyag csak nagyságban és elrendezettségben különböző, azonos szerkezeti vegyületek egész sorából áll. Ezt polimolekularitásnak nevezik, s következménye, hogy a műanyagok gyakorlatilag amorfok, túlhűtött szilárd oldatnak tekinthetők.

Minden amorf anyagra van olyan hőmérséklet, amely alatt a belső súrlódási együtthatók és a szilárdság nagysága következtében szilárdnak tekinthető. Ez a dermedési vagy befagyási pont. A másik jellemző hőmérséklet az ún. ridegedési pont, amely alatt az anyag törékeny, felette rugalmas, illetve képlékeny. A polimolekularitás miatt a műanyagok kisebb-nagyobb hőmérséklettartományban képlékenyek, ahol feldolgozhatók, alakíthatók.

A műanyagok egyik alapvető jellemzője a természetes és mesterséges alapú műanyagoknál lényegesen eltérő elő-

állítási mód. A természetes alapú műanyagoknál a természetben található makromolekulák átalakítására irányuló eljárások igen sokfélék. Ezekkel azonban nem foglalkozunk, mert a csomagolástechnikában, a viszkózfóliát kivéve, nincs jelentőségük.

A mesterséges alapú műanyagok:

- polikondenziációval,
- polimerizációval és
- poliaddícióval, illetve ezek kombinációjával

állítható elő.

A műanyagok kémiai és fizikai tulajdonságai alapvetően:

- vegyi összetételétől,
- a polimer molekulák nagyságától, valamint
- a molekuláris szerkezettől

függnek.

A csomagolóiparban legelterjedtebb műanyagok fontosabb fizikai, ill. kémiai jellemzőit a 9. és 10. táblázat foglalja össze.

A fizikai, kémiai és feldolgozási tulajdonságok különféle adalékokkal javíthatók, úgymint:

- lágyítók,
- stabilizátorok,
- színezékek,
- csúsztatók,
- szagtalanítók,
- fungicidek,
- lángmentesítők és
- oxidációt befolyásoló anyagok.

A lágyítók feladata a rugalmasság javítása és a hajlékonyság fokozása. Lényegében a polimer láncmolekulák térbeli elrendeződésének lazításával csökkentik a belső súrlódást, azaz a viszkózitást. Külső lágyításnak nevezik, ha oldódó, magas forráshőmérsékletű anyagot adagolnak a műanyaghoz. Belső lágyításról van szó, ha a polimer molekulára kémiai úton nagyméretű oldalcsoportokat "építenek rá".

A stabilizátorokkal a polimer molekulák bomlása gátolható. Vannak fény, hő, ultraibolya sugárzás stb. stabilizátorok, amelyek az öregedést is akadályozzák.

A színezékekkel a műanyagok küllemi megjelenését fokozzák. Átlátszó anyaghoz oldódó festéket, átlátszatlan termékhez pigmenteket adagolnak.

A csúsztatókat a műanyag folyási tulajdonságainak javítására, feldolgozáskor a termék és szerszám közötti tapadás csökkentésére alkalmazzák.

A szagtalanítók feladata a műanyagok esetleges kellemtelen vagy káros szaghatásának kiküszöbölése.

9. táblázat

Műanyagok fizikai jellemzői

Megnevezés és sűrűség (kg/m ³)	Szakítószilárdság hossz/keresztirány (10 ⁵ N/m ²)	Szakadási nyúlás hossz/keresztirány (%)	Hőállóság min/max (°C)	Páraáteresztés (10 ⁻³ kg/m ² .24h)	Széndioxidáteresztés (10 ⁻⁹ m ³ /m ² .24h)
Nagynyomású polietilén (910-930)	220/150	300/700	-60/+80	16 ¹	5000 ¹
Kisnyomású polietilén (940-960)	330/250	800/1000	-50/+100	6 ¹	2000 ¹
Lágyítatlan PVC (1450-1450)	600/500	80/30	-15/+80	30 ¹	4500
Lágyított PVC (1250-1450)	300/150	200/300	-15/+60	30	4500
Polietilén, nyújtatlan (900)	400/300	1000/900	-20/+100	11(4) ²	1000(35)
Polipropilén nyújtott (1050)	1500/1700	80/50	-50/+90	-	-
Polisztirol, nyújtott (1050)	kb. 400	kb. 2	-/+80	-	-
Polivinilidén-klorid (1600)	kb. 800	kb. 30	-20/+100	5 ¹	12 ¹

1 = a vastagság 0,025 mm,

2 = a vastagság 0,030 mm, (PVDC bevonattal)

Műanyagok vegyi ellenállása

Műanyagok	Savak			Lúgok		Oldószerek			Üzemanyagok, zsírok és olajok		
	Gyenge	Erős	Oxidáló hatású	Gyenge	Erős	Alkohol	Észter	Éter	Benzin	Ásványolaj	Zsírolaj
Nagynyomású polietilén	+	+	-	+	+	0	0	-	0	0	0
Kisnyomású polietilén	+	+	-	+	+	+	+	0	0	0	+
Lágyítatlan PVC	+	+	0	+M	+	+	-	-	+	+	+
Lágyított PVC (40% lágyító)	+	0	0	+	0	0	-	-	0	0	0
Polisztirol	+	0	0	+	+	+	-	-	0	0	+
Polipropilén	+	+	-	+	+	+	0	0	0	+	+

+ = ellenáll

0 = feltételesen ellenáll

- = nem ellenálló

0 = feltételesen ellenállótól nem ellenállóig

0 = ellenállótól feltételesen ellenállóig

A fungicidok segítségével a műanyag megvédhető a növényi kártevők (gombák) hatásaival szemben.

A lángmentesítőkkal a műanyag önkioltóvá vagy éghetlenné tehető. Az oxidációt gátló adalékok az oxidatív öregedést, ill. bomlást gátolják.

Ellenkező hatásúak az oxidációt elősegítő adalékok, amelyek a környezeti mikroklíma egyes elemeinek (ultraibolya sugárzás, biológiai tényezők) fokozott érvényesítésével meghatározott idő után hozzájárulnak a műanyagok lebomlásához.

b) A csomagolóiparban használatos műanyagok

A csomagolóiparban ma már főként a polimer műanyagokat használják fel. Közülük is kiemelkedő:

- a polisztirol,
- a polivinilklorid,
- a polietilén,
- a polipropilén és
- a polivinilidén-klorid.

A polisztirol egyike a legrégebben felfedezett hőre lágyuló műanyagoknak. A sztírol polimerizációjával állítják elő.

Víz tisztán átlátszó, szagtalan, íztelen, nem mérgező. Víznek, gyenge savnak és lúgnak, alkoholnak ellenálló, sűrűsége 2500 kg/m^3 , tehát a víznél alig nagyobb. $+ (65-70)^\circ\text{C}$ felett nagyrészt ismét sztírollá bomlik. Feldolgozásához lágítóanyag nem szükséges.

A polivinilklorid az egyik legismertebb hőre lágyuló műanyag. Széles körű elterjedésének alapján a sokoldalú felhasználhatósága és a kiinduló nyersanyagok nagy tömegben való előfordulása. Feldolgozatlan állapotban fehér színű, szagtalan, íztelen, vízben oldhatatlan. $+ 85^\circ\text{C}$ körül kezd lágyulni, $+ 145^\circ\text{C}$ -on képlékennyé válik és $+ 200^\circ\text{C}$ -on bomlik. Sűrűsége $1250-1450 \text{ kg/m}^3$.

A lágyítatlan (kemény) PVC legfeljebb 10% lágítóanyagot tartalmaz. Kevésbé hajlékony és rugalmas, viszont kiváló, zsír-, olaj- és aromazáró. Savaknak, lúgoknak ellenáll, az alkohol és benzín sem támadja meg. Jó folyadékzáró, de párazárása viszonylag gyenge. Kb. 0°C -on rideggé válik; alacsonyabb hőmérsékleten, $-(5-10)^\circ\text{C}$ -on könnyen reped, törlik. Tulajdonságai alapján zsír- és olajtartalmú élelmiszerek, valamint különféle vegyi anyagok csomagolására is alkalmas.

A lágított PVC lágítóanyag tartalma 20-25% között van. Tulajdonságai a lágító mennyiségétől és minőségétől függően változnak. A lágítóanyag tartalom növekedésével nő a hajlékonyság és a nyúlás, viszont csökken a szakítószilárdság és a vegyszerállóság. A lágítóanyagokat a zsírok, olajok oldják, az erős savak és lúgok pedig elszappanosítják. Így a lágító-

tott PVC élelmiszerek, és erős vegyszerek csomagolására nem alkalmas. Hőállósága általában $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól kb. $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjed.

A polietilén kiváló tulajdonságai révén a csomagolásban a legelterjedtebb műanyag. Kiinduló nyersanyaga lehet szén, kőolaj, etán, etán és propán elegye, esetleg acetilén. Az ezekből nyert etilént $1000\text{--}2000\cdot 10^5\text{ Pa}$ $30\text{--}70\cdot 10^5\text{ Pa}$ nyomáson (esetleg túlnyomás nélkül) polimerizálva állítják elő a nagy-, közép-, illetve a kisnyomású polietilént. Bár a három fajta tulajdonságai közel állnak egymáshoz, a szerkezeti különbségek miatt fizikai jellemzőik (sűrűség, szakítószilárdság, hőállóság) kissé eltérőek.

A polietilén, fólia alakban, szintelenül átlátszó, illetve fehéren áttetsző. Fajtatól függően -50 , illetve $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hőállósága rövid ideig tartó besugárzással, a részleges térhálósodás következtében $+(170\text{--}180)\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig fokozható. Vízálló, savaknak, lúgoknak általában ellenáll. Párazárása jó, viszont gáz- és aromazárása viszonylag gyenge. Olajokkal és zsírokkal szemben - elsősorban a nagynyomású polietilén - csak korlátozottan ellenálló. Az ásványolajok megduzzasztják, így mechanikai tulajdonságai erősen romlanak.

A polipropilén mechanikai tulajdonságai, hőállósága jó-b, mint a polietiléne. A polipropilén fóliaszalag nyújtásával nagymértékű molekularendeződés (orientáció) érhető el, amelynek következtében jelentősen nő a szakítószilárdság. A nyújtott fóliából hasított szálakból zsákokat szőnek, zsineget sodornak. Jellemzője még a nagy szilárdság és a kopásállóság.

A polivinilidén-klorid nagy sűrűségű (1600 kg/m^3), viszonylag drága csomagolóanyag. Zsír-, aroma-, vízgőz- és gázzárása úgyszólván egyedülálló. Bevonóanyagként (pl. papíron), valamint igényes élelmiszerek tasakos csomagolásában van elsődleges szerepe.

A természetes alapú műanyagok közül a csomagolóiparban a viszkózsfólia terjedt el.

A viszkózsfóliát tiszta cellulózból több szakaszban állítják elő. Víz-tiszta, kellemes fényű, gáz-, zsír-, olaj és aromazáró. Íztelen, szagtalan, a szerves oldószerek, gyenge savak és lúgok nem támadják meg. Hátránya, hogy nagymértékben nedvszívó.

Nedves állapotban szilárdságának $40\text{--}60\%$ -át is elveszíti. Párazárása gyenge, ezért nagy páravédettséget kívánó termékek csomagolására alkalmatlan. Ez a kedvezőtlen tulajdonsága egy vagy kétoldali lakkozással megszüntethető. Ha a bevonat műanyag lakk, az eredetileg csak ragasztható anyag hegeszthető is.

c) Műanyag alapú csomagolóeszközök

A műanyagból előállított csomagolóeszközök a következőképpen csoportosíthatók:

- burkolófóliák,
- burkolatok,
- hajlékony falú és
- merev falú csomagolóeszközök.

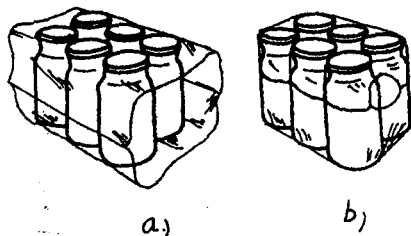
A burkolófóliákat a nedvszívó és olajáteresztő csomagolópapírok helyettesítésére fejlesztették ki. Vízzel, zsírokkal és olajokkal, baktériumokkal és savakkal szemben ellenállóak. Fóliatekerescsből véve vagy felvágott ívek formájában egyaránt felhasználhatók zsír- és olajtartalmú élelmiszerek, zsírbevonatú műszaki cikkek, nedves termékek (pl. virág) burkolásához.

Az alig néhány esztendőös múltra visszatekinthető burkolófóliák alapanyaga majdnem kizárólag kisnyomású és nagy molekulásúlyú (90 000 - 100 000) polietilén, 10 mikron feletti vastagságban általában álló elrendezésű extruderrel állítják elő. Színes fólia színes granulátumból vagy szintelen granulátumhoz kevert pigmentekkel gyártható.

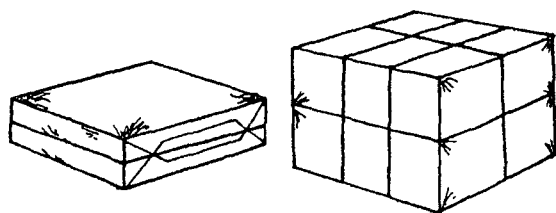
Megjelenését tekintve a kb. 10 mikron vastag anyag a kalapcsomagoló vagy a selyempapírra, a 20-30 mikronos a közönséges csomagolópapírra, a 40-100 mikronos pedig a vastagabb csomagolópapírra emlékeztet.

A burkolatokat por-, nedvesség elleni védelemre, vagy kisebb csomagolási egységek és árudarabok összefogására készítik, általában 0,1 mm-nél vékonyabb polietilén, ritkábban lágyított PVC fóliából.

Jellege alapján normál, zsugor- és hidegen nyújtható fóliás: kialakítása szerint részleges (86. ábra) és teljes burkolatot (87. ábra) különböztetnek meg.



86. ábra
Konzerves üvegek részleges
burkolata zsugorítás előtt (a)
és után (b)



87. ábra
Teljes burkolatok

A normál burkolatot kiszabás és hegesztéssel való összeállítás után a termékre ráhúzzák. A teljes burkolatot a belső tér esetleges légritkítása után általában ugyancsak hegesztéssel zárják.

Az övezés vagy ráhúzás útján zsugorfólisá burkolattal ellátott csomagolási egységet még ún. zsugoralagúton is átvezetik. Az alagútban hőkezelés hatására a megfelelően hőkezelt fólia a termékre (illetve csomagegységre) szorosan rázsugorodik. A megoldás kisméretű gyűjtőcsomagolásoktól teljes rakodólapos egységtrakományok rögzítéséig rohamosan terjed.

A hidegen nyújtható fóliába - a burkolás közben meghúzza - hoznak létre, a szilárd egységbe fogást biztosító, előfeszültséget. A víztiszta átlátszó, csillagburkolat átfedő széleit ún. meleg lappal (állandó hőmérsékleten tartott fémlap) rögzítik egymáshoz.

A hajlékony falú csomagolóeszközök általános jellemzői megegyeznek a papír alapú változatoknál leírtakkal. Szerkezetük szerint hálótömlő, tasak, zacskó, és zsák különbözőt lehet meg.

A hálótömlőt a hagyományos technológia szerint szálból burkolással állítják elő.

Újabban forgófejes extruderen gyártják, ahol a fejből kilépő szálak még meleg állapotban keresztezik egymást, s összehegedve alkotják a csomómentes hálótömböt.

A tasakot és zacskót nem hegeszthető műanyagokból (normál viszkózsfólia) ragasztással, egyébként tömlőfóliából egyes, síkfóliából "L" alakú varrattal, hegesztéssel gyártják. Anyaga főként polietilén és viszkózsfólia, ritkábban PVC, polivinilidénklorid stb. Az általánosan elterjedt sima fenékkiképzés mellett ma már gyártanak állítható kivitelű, ún. talpas zacskót is.

A szájnyílást ugyancsak hegesztéssel, esetleg rózsakötésbe fogva, fémhuzallal, illetve -szalaggal, vagy műanyag tapadószalaggal zárják. A huzamos felhasználásra szánt tasakokat ismételten visszazárható szájrésszel is készítik (ilyen pl. az ún. Minigrip zárás).

A műanyag zsák alig egy évtizedes múlta visszatekinthető szállítási csomagolóeszköz. Fóliából hegesztéssel és repesztett szálból szövessel egyaránt előállítható.

A fóliazsák anyag polietilén vagy lágyított PVC. A palást- és fenékrészen a kapcsolódó részeket hegesztéssel egyesítik. Az ismertebb változat a hegesztéssel - vagy ritkábban rózszakötéssel - zárt nyitottszájú zsák, de egyes termékek csomagolására már szelepes változatokat is gyártanak.

A szótt műanyag zsákokat főként polipropilénből vagy polietilénből állítják elő.

A hagyományos textilzsákkal összehasonlítva:

- szakítószilárdsága és ejtésállósága kedvezőbb,
- nedvességállósága és szennyeződés taszítása nagyobb,
- kb. 20-25%-kal kopásállóbb, mint a juta,
- vegyi ellenállása nagyobb,
- bár ultraibolya sugárzásra ugyancsak érzékeny, ez adalékanyagokkal csökkenthető,
- azonos méretek mellett tömege kisebb,

ezzel szemben

- kezelése - viszonylag kellemetlen fogása miatt - nehézkesebb,
- csúszási hajlama nagyobb,
- javítása, karbantartása kedvezőtlenebb,
- párazárása nagy, emiatt egyes termékekhez nem használható.

Gyártásakor granulátumból indulnak ki, amelyből először sík-, vagy tömlőfóliát készítenek. Ezt 1-4 mm széles csíkokra hasítják, majd eredeti hosszának 6-7-szeresére nyújtják. Hagyományos módszerekkel szövik, végül varrással konfekcionálják.

A merev falú csomagolóeszközök gyártástechnológiája és a választéka az utóbbi évek fejlesztési munkájának eredményeképpen ma már igen bőséges. Ide tartoznak a különféle dobozok, ládák és üreges testek.

A vastag falú dobozokat fröccsöntéssel készítik. A hagyományos hőre keményedő alapanyagok közül a nem teljesen íztelen és szagtalan fenoplasztok már majdnem teljesen kiszorultak. A világos színekben is előállítható, ízeztől és szagoktól mentes aminopiaszt dobozokat ma is használják, elsősorban kozmetikai cikkek csomagolásához.

A fóliadobozokat polisztirolból vagy kemény PVC-ből gyártják. Alakjuk egyaránt lehet szegletes, hengeres és kúpos. A szokásos záróelem rátoló, ill. betoló fedél, vagy hegeszthető alumíniumfólia, esetleg műanyag fólialap.

A habdobozokat hőhatásra szerszámban felhabosodó, és kis térfogatsúlyú merev anyaggá összeálló polisztirol granulátumból gyártják. A doboz formáját a gyártó szerszám ki-

alakításával szabják meg. Gazdaságossági okokból többnyire két azonos féldarabból állítják össze, vagy hengeres csővé alakítás után az érintkező élek összeragasztásával nyerik. Záróelemük rátoló fedél vagy saját anyagukból kialakított szárny-, ill. nyelvész (lásd bedugónyelves papírlemez doboz).

Az üreges testekhez a fiolák, tubusok, palackok, kannák, hordók tartoznak.

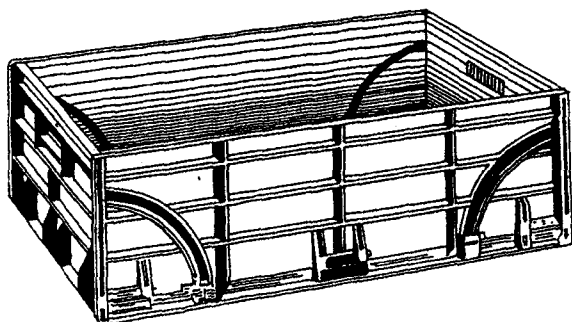
A fiolák többnyire polisztirolból, kisnyomású polietilénből, esetleg polipropilénből készülnek, fröccsöntéssel vagy fúvással, ritkábban vákuumformázással.

A tubusok általános gyártástechnológiája a fúvás. Anyaguk főként polietilén. A záróelem szintén műanyag.

A palackok közül többnyire a rugalmas változatokat nagynyomású, a merev, de nem átlátszó típusokat kisnyomású polietilénből, az átlátszóakat pedig kemény PVC-ből gyártják. A korszerű technológiák granulátumból vagy porból indulnak ki, a palack végső formáját fúvással kapják. A zárás, típustól és anyagtól függően, megoldható a szájrész összehegesztésével, műanyag vagy fém tépőzárral, ill. csavarmentes kupakkal.

A kannákat fröccsöntéssel általában polietilénből gyártják, 2-25 liter űrtartalommal. Alakjuk lehet szegletes (lekerékített éllel) vagy hengeres. A záróelem csavarmentes kupak. A kezelés saját anyagukból formázott vagy felszerelt fogóelemmel könnyíthető. A szilárdságot a nagyobb anyagvastagság mellett bordázással is szokásos fokozni.

A műanyag hordókat fúvással vagy centrifugálöntéssel állítják elő. A leggyakrabban erre a célra nagy sűrűségű polietilént használnak. Fúvással inkább a kisebb hordók gyártása gazdaságos, bár $0,160 \text{ m}^3$ fúvott hordók is vannak forgalomban.



88. ábra
Összehajtható műanyag láda

Az ilyen csomagolóeszköz tömege alig negyede az ugyanolyan térfogatú fahordóénak. Centrifugálöntéssel $0,200 \text{ m}^3$ hordókat is készítenek, kb. 1 cm falvastagsággal, vastagított fenékel.

A szállítóládákat fröccsöntéssel állítják elő, kisnyomású polietilénből vagy polipropilénből. Többnyire merev, zárt oldalfalakkal és nyitott kivitelben - palackok szállításához belső rekesztekkel ellátva - gyártják. Külföldön már kifejlesztették összehajtható és lezárható ládatípusokat is (88. ábra).

A műanyag-feldogozó ipar egyik legújabb terméke a tető-, fenéklapolt hullámpapírlemez dobozával azonos szerkezetű műanyag hullámlemez láda. Alapanyaga polipropilén kopolimer, vagy kivételesen kemény és átlátszó hullámlemez igénye esetén, PVC. Extrudálással állítják elő 0,6-0,8 m vastag fedőrétegekből, kb. 4 mm-enként bordákkal összekapcsolva. A kész hullámlemez teljes vastagsága 3,5-5 mm, négyzetméter tömege 0,600-0,800 kg/m². A műanyag hullámlemezből a szokásos hullámpapírlemez feldolgozógépeken - kisebb átalakítással - lehet tető-, fenéklapolt dobozt előállítani. A kimetszett test összeállításához a kapcsolás, ragasztás és hegesztés egyaránt figyelembe vehető. A felületi hatás - előzetes kezelés után - nyomtatással is fokozható. Ara jelenleg lényegesen meghaladja a hullámpapírlemez dobozét. Így jelentősége egyelőre csak olyan területen van, ahol különösen fontos a jó nedvességállóság, merevség, mérettartás, vegyi hatásokkal szembeni ellenállás.

d) Csomagolási segédanyagok műanyagból

A műanyagok a csomagolási segédanyagok között is egyre nagyobb szerephez jutnak.

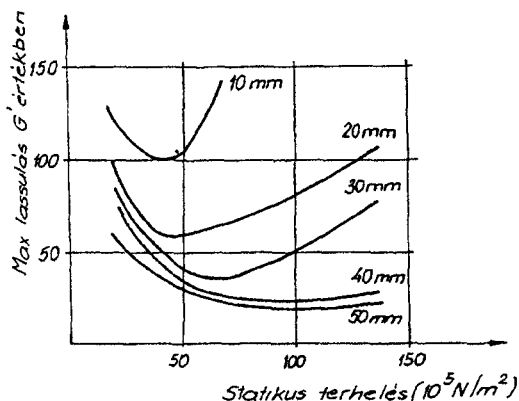
Csupán a legfontosabbakat említve, ilyenek a habok, ragasztók, pántoló- és tapadószalagok, záróelemek.

Hab szinte valamennyi műanyagból előállítható. A csomagolástechnikai gyakorlatban azonban csak a polisztirol, a poliuretán és a polietilén érdemel említést.

A habanyag nyitott, részben zárt és zárt szerkezetű, mechanikai jellemzőit tekintve pedig lágy (pl. poliuretán), szívósan kemény (pl. polietilén) és ridegen kemény (pl. polisztirol) lehet. Előnyei a hagyományos párnázóanyagokkal szemben:

- párnázóképessége tetszőlegesen és pontosan beállítható,
- tiszta, fertőzetlen, vegyileg semleges,
- változatos formában könnyen feldolgozható,
- sűrűsége kicsi,
- megjelenése esztétikus.

Az energiaelnyelő képességét a hab szerkezete, vastagsága, fajlagos terhelése és a fellépő igénybevétel határozza meg. A gyártók e jellemzőket általában nomogramokban teszik közzé, megkönnyítve a csomagolástervezők és - technológusok munkáját (lásd példaképpen a 89. ábrát).



89. ábra
 0,021 kg/m³ fajlagos tömegű polisztirol
 hab párnázó hatása 50 cm-es ejtéskor

A habanyagok feldolgozására számos eljárás ismeretes. A poliuretán a formába és közvetlen csomagba habosítás mellett vágható, kimetszhető (lágy poliuretán), fűrészelhető és fúrható (kemény poliuretán). A polisztirol ugyancsak formába habosítható, vágható, fűrészelhető, esztergálható. Ha extrudálással egészen vékony habfóliát állítanak elő, az vákuumformázással is alakítható. A polietilén fűrészelhető, vágható, kimetszhető, sőt forgácsolható és sajtolható is.

A ragasztóanyagok - bár egy részük természetes alapú - valamennyi fontosabb változatáról itt célszerű említést tenni.

A mézga keményítő alapú, jól tapadó ragasztóanyag. Vékony, összefüggő bevonatú kiszáradás után sem kristályosodik ki. Nedvesség- és sterilizációálló. Palackcímkézéshez és rétegeléshez terjedt el.

A dextrin módosítatlan és módosított formában használatos. Jellemzője a kis viszkozitás és a gyors száradás. Papírlemez dobozok zárásához, címkézéshez és rétegeléshez ajánlható.

Az állati nyvek nagy kezdeti tapadású, jól szárítható és általában melegen felvitt ragasztóanyagok. Ragasztószalagok gyártásához, rétegeléshez, papírlemez dobozok bevonásához alkalmazzák.

A kazein közepes vízállóságú, jól tapad a fához, a műanyagokhoz, az üveghez, a fémhez és számos papírfajtához. Címkézéshez és papírlemez dobozok zárásához használatos.

Az emulziók többnyire polivinil-acetát alapúak. Tulajdonképpen diszperziók vagy oldhatatlan részecskék vizes

szuszpenziói. Felvitel után a vizet gyorsan elengedik, így rövid időn belül szárazdnak. A felhasználásuk igen sokoldalú (papírlemez dobozok gyártása, rétegelés, hőre tapadó bevonatok készítése stb.).

A forró olvadékok felmelegítve folyékony állapotban vihetők fel az egyesítendő felületekre, ahol lehülve; szívós és vízálló kötést eredményeznek. Többnyire műanyag és parafin keverékek. Alkalmazzák papírlemez dobozok gyártásához, rétegeléshez, hőhegeszthető és nyomásra tapadó bevonatokhoz.

A latex ragasztót természetes vagy szintetikus alapanyagból gyártják. Valamennyi változata gyorsan és jól tapadva köt. Nedvességgel szemben is többnyire ellenálló. Címkezéshez, papírlemez dobozok gyártásához és zárásához, tapadó bevonatok készítéséhez ajánlható.

Az oldószeres ragasztók természetes kaucsuk vagy polimerek (pl. PVC, plivinil-ecetát) oldata. A kötési és száradási idő az oldószertől függően változik. Viszkózfóliához, rétegeléshez, nyomásra tapadó bevonatokhoz terjedtek el.

A vini-dextrin ragasztókat polivinil-alkoholps és dextrin keverékből gyártják. Borítékokhoz és más nedvességgel aktiválható bevonatokhoz alkalmazzák.

Polivinil-alkohol-keményítő keverékpasztákat nehezen ragasztható felületekhez választanak. A zsákgyártásban közismertek.

A pántolószalag anyaga polipropilén vagy poliamid. Jobb alkalmazástechnikai jellemzői révén inkább a polipropilén terjedt el, 10-20 mm szélességgel, 0,4-0,8 mm vastagsággal. A megfeszített szalagot fémhüvellyel, illetve hegesztéssel rögzítik. A csomagoló acélszalagot korrózió- és balesetmentessége, viszonylagos olcsósága, rugalmassága és előnyös küllemi megjelenése révén fokozatosan kiszorítja. Szakítószilárdsága azonban kisebb az acélnál ($25-30 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$), amelyet felhasználásakor figyelembe kell venni.

A műanyag tapadószalag hordozórétege viszkózfólia vagy hőre lágyuló műanyag (általában PVC), változatai és feladatköre hasonló a papír alapú tapadószalagéhoz, de azzal szemben nedvességálló és szilárdabb.

A műanyag záróelemeket főként üveg és fém csomagolóeszközökhöz gyártják. Ilyen a tépőzár (pl. borospalackokhoz), a csavarmenetes kupak (gyógyszeres üvegekhez és fémdobozokhoz). Előállításukhoz a hagyományos hőre keményedő műanyagokat (pl. bakelit), egyre inkább felváltják a hőre lágyuló változatok (pl. a polietilén).

2.8 Kombinált csomagolószerek

a) A kombinált csomagolószerek fogalma

A gépesítés, illetve az automatizálás, a termékválaszték állandó bővülése, a törekvés, a mind teljesebb áruvédelemre, valamint a növekvő fogyasztói igények egyre szigorúbb követelményeket támasztanak a csomagolóanyagokkal és -eszközökkel szemben. A hagyományos anyagok, bár minőségüket állandóan javítják, alapvető tulajdonságaik miatt a fokozódó kívánalmaknak mind nehezebben felelnek meg.

A hagyományos csomagolószerek tartós egyesítésével azonban olyan új anyagok nyerhetők, amelyek egymás előnyös tulajdonságait kiegészítve eleget tesznek a vázolt követelményeknek. Így pl. papír és műanyag társításakor előbbi adja a szilárdságot, a műanyag pedig a nedvesség-, a páraállóságot, továbbá a csomagológépen való termelékeny feldolgozhatóságot.

A kombinált csomagolószerek legfontosabb jellemzője a tartós egyesítés. Ha pl. papírlemez dobozba, a termék betöltése előtt különálló műanyag bélést helyeznek, nem beszélhetünk kombinált csomagolóeszközzől, csak bélelt papírlemez dobozról. Ezzel szemben a papírlemez műanyaggal tartósan egyesítve (pl. a műanyagot olvadt állapotban a papírlemezre felhordják, s így készítenek dobozt), már valóban kombinált csomagolóeszközzől van szó.

A kombinált csomagolószerek választéka - a rendelkezésre álló bő lehetőségek következtében - igen nagy, és folyamatosan bővül. Közülük csak azokkal foglalkozunk, amelyeknek a hazai csomagolótechnikában is szerepük van, illetve ismeretük indokolt.

b) A társítás technológiája

A kombinációt alkotó elemek egyesítéséhez, a felhasznált alapanyagoktól és a rendeltetéstől függően, többféle technológia ismeretes, úgymint:

- ragasztás,
- melegítéses rétegelés,
- extrúziós bevonás,
- diszperziós bevonás,
- koextrudálás.

A ragasztáskor a rétegeket ragasztóanyaggal egyesítik. Az eljárást kasírozásnak is nevezik.

A melegítéses rétegelésnek több változata terjedt el. Hőre lágyuló kész fóliáknál az összekapcsolandó felületeket forró levegővel, kontakt fűtéssel vagy sugárzó hővel melegítik fel a lágyulási hőmérsékletre. A kötés a felmelegített anyagok nyomóhengerek közötti átvezetésével alakul ki. A fe-

lesleges hőt a feltekerés előtt hűtőhengerekkel vezetik el. Amennyiben csak az egyik anyag hőre lágyuló, jól alkalmazható a forró olvadékkal való bevonás. A hőre lágyuló komponenst folyékony állapotig melegítik és hengerekkel viszik fel, vagy keskeny résen átvezetve fedik be a rés alatt vízszintes elvezetett másik réteget (függönyös bevonás).

Műanyagok felvitelére vastagabb alaprétegre (pl. fa) alkalmazzák még a képlékenyítést is. A műanyagot melegítéssel, esetleg egyidejű nyomással, képlékeny állapotba hozzák és így viszik fel mártással, öntéssel, sajtolással, perme-tezéssel a hordozórétegre.

Az extrúziós bevonás a hordozó rétegre ömledék formájában felvihető társítványokhoz bevált eljárás. Az alacsonyabb olvadáspontú anyagot közvetlenül az extruderből vezetik rá a hordozó rétegre, amelyet a jobb kötés érdekében előzetesen lakkréteggel szokás bevonni.

A diszperziós bevonás vékony műanyag rétegnek vastagabb hordozóval való egyesítéséhez elterjedt módszer.

A műanyagból (pl. polivinilidén-klorid) diszperziót készítenek és hidegen juttatják felhordó hengerekkel a hordozó rétegre. Az egyenletes vastagságot légkefével állítják be (keskeny résen levegőáramot fújnak a bevonatra), majd szárítás és hűtőhengereken való átvezetés után a kész kombinációt feltekeréssel. A koextrúziós társítás az extrúziós technológia továbbfejlesztett változata hőre lágyuló műanyagokhoz. A kombináció minden elemét extruderből állítják elő, majd még forrón közös szerszámban egyesítik. Két változata van a fúvós technológia gyűrűs fúvókával és a hengerléses technológia sík fúvósájjal.

Az előbbi eljárással tömlő-, az utóbbival síkfólia kombinációk gyárthatók. A ma még új technológiát elsősorban különböző polietilén fajták egyesítéséhez ajánlják, de társítható a polietilén polipropilénnel, PVC-vel, poliészterrel, poliamiddal is.

c) Kombinált csomagolóanyagok

A kombinációkat a rétegek száma és anyaga szerint szokásos csoportosítani.

A papír-műanyag kombinációknál a hordozó papírra vagy papírlamézra néhány század mm vastagságban viszik fel a nedvesség-, zsír-, olajállóságot, a pára és légzáró képességet, valamint a hegeszthetőséget adó hőre lágyuló műanyag réteget. A papír-műanyag kombinációknak elsősorban a fogyasztói csomagolásban van jelentőségük (papír-polietilén, papír-polivinilklorid-klorid), bár egyes változatokat szállítási csomagolóeszközök gyártására is felhasználnak (pl. nátronpapír-polietilén a zsákokhoz).

A papír-fém kombinációkban a papírt vagy papírlamézt a fémek közül ma még szinte kizárólag alumíniumfóliával társítják, víztartalmú vagy vízmentes ragasztóanyaggal.

A kombinációban a szilárdságot a papír, a záróképeséget az alumíniumfólia adja. A papír-fém kombinációkat tasak, zacskó, doboz formájában főként az élelmiszer- és vegyipar használja fel.

A fém-műanyag (vagyis gyakorlatilag az műanyag-alumíniumfólia) kombinációk a tökéletes levegő-, oxigén és gáz-zárást igénylő (pl. védőgáz, vagy vákuum) csomagolások alapanyagaként ismeretesek. A műanyag réteg a záróképeség javításán túlmenően lehetővé teszi a hegesztést, növeli a szilárdságot (pl. a viasszal egyesített alumíniumfólia-viszkózfolia szakitószilárdsága kb. 5-6-szor nagyobb, mint a közönséges alumíniumfóliáé). A műanyagok közül fémmel való társításra általában viszkózfoliát, polietilént, polivinilidén-kloridot használnak.

A műanyag-műanyag kombinációkban a különböző jellemzőjű műanyagok célszerű egyesítésével főként a fogyasztói csomagoláshoz nyerhetők kiváló tulajdonságú termékek. Ilyen a viszkózfolia-polietilén (pl. folyékony és pépes, nedvességre érzékeny élelmiszerekhez), a viszkózfolia-polivinilidén-klorid (olaj- és zsírtartalmú, nedvességre érzékeny termékek gépi csomagolásához), a cellulózacetát-polivinilidén-klorid (nedvesség- és gáz-zárást igénylő termékekhez), a poliészter-polietilén (egyes fokozottan kényes élelmiszerek csomagolásához) stb. kombináció.

A textil-papír kombinációkban a jó szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező textil egyesítve a teljes elszóródásmentességet és viszonylag kedvező záróképeséget nyújtó papírral (általában nátron csomagolópapír) élelmiszerek és vegyi anyagok szállítási csomagolására (zsák) kiváló alapanyag. Különösen ha fokozott mechanikai és klimatikus igénybevételek várhatók (pl. tengerentúli szállítás), kerülnek előtérbe.

A textil-műanyag kombinációk hasonló célokra vehetők tekintetbe, mint a textil-papír társítások.

A műanyag (polietilén vagy PVC) tulajdonságainál fogva azonban nedvesség, illetve párazárásuk jóval nagyobb. Ezért nedvességre érzékeny termékek szállítási csomagolására is alkalmasak.

A fa-műanyag kombinációt klímahatásokkal szembeni fokozott védelem, vegyszer- és penészállóság, valamint esztétikus felület igénye esetén szokásos választani. Az alap rétegelt falemez, faforgács-, vagy farostlemez lehet. Erre viszik fel a műanyag réteget, fajtától függően megválasztott technológiával. Főként háre keményedő műanyagokról van szó (fenol- és melamingyanták), amelyeket hőközléses sajtolással egyesítenek az alapréteggel. Bevált a poliamid, a poliészter, és az akrilgyanta is. Ezeket olvadék állapotban, mártással, öntéssel vagy elektrostatikus permetezéssel hordják fel. Számításba vehetők egyes hőre lágyuló műanyagok is. Így pl. a kemény PVC, ha nagyobb hőterheléssel (+60 °C

felett) vagy tartósabb fagypontra alatti hőmérséklettel nem kell számolni.

A közvetlen egyesítés mellett megoldható az ún. közvetett kombináció is. Első lépésként nedvesszilárd papírt impregnálnak a kiválasztott műanyaggal, majd pihentetés után a kezelt papírt több rétegben hőközléses sajtolással egyesítik a faanyaggal.

A többrétegű kombinációk a csomagolástechnika rohamos fejlődésének eredményeképpen alakultak ki. Az előbbieken ismertetett megoldásokhoz viszonyítva még sokoldalúbb feladatok ellátására alkalmasak. Egyidejűleg biztosíthatják a nagy szilárdságot, a tökéletes nedvesség- és párazárást, vagy zsír- és olajállóságot, valamint fényzáró képességet, lehetőséget nyújtva a csomagolás nagy termelékenységu gépesítésére is.

A szokásos kombinációk: papír-fém-műanyag, műanyag-fém-műanyag, műanyag-papír-műanyag, papír-textil-papír-műanyag.

d) Kombinált csomagolóeszközök

Az előző pontban ismertetett anyagokat - a burkoló csomagolásoktól eltekintve - minden esetben csomagolóeszközzé dolgozzák fel. Ezek típusaik, szerkezeti megoldásaikat tekintve lényegében nem térnek el a már megismert hagyományos változatoktól. Különbség a kombináció jellegétől függően inkább a feldolgozásban (csomagolóeszközzé alakításban) van, ahol pl. a ragasztás, fűzés, varrás helyett a hegesztés kerül előtérbe.

A papír-fém, papír-műanyag, fém-műanyag, és műanyag kombinációkból főként hajlékony falú csomagolóeszközöket (tasak, zacskó, zsák) gyártanak. A papírlémez-fém, papírlémez-műanyag kombinációknak a fogyasztói-, illetve gyűjtődobozok előállításában van jelentőségük, de megtalálhatók a szállítási csomagolóeszközök között is. A textil alapú kombinációkból zsákokat vagy burkolatokat alakítanak ki.

Kombinált csomagolóeszközök hagyományos anyagokból közvetlenül is nyerhetők, amikor azok tartós egyesítését a gyártás során hajtják végre. Ennek célja lehet a szilárdság növelése, az öntömeg, illetve a térfogat csökkentése, az áruvédelmi hatékonyság fokozása stb. A lényeg itt is az, hogy kombinált csomagolóeszközzel csak akkor lehet szó, ha az egyes anyagokat tartósan kapcsolják össze. Nem kombinált csomagolóeszköz pl. az üvegballon és a védelmét szolgáló, de tőle szerkezetiileg független védőkosár.

E csoportba viszonylag kevés számú csomagolóeszközt sorolnak, de jelentőségük nem elhanyagolható. Ilyen pl. a fém fenék-, illetve tetőlappal papírlémez lapokból gyártott láda; a PVC fenéklapú gyümölcsös rekesz.

V. A csomagolás tervezése

A csomagolás tervezése az áruk ideiglenes védőburkolatának kialakítását célzó, összetett műszaki-gazdasági előkészítő tevékenység. Fő részei a műszaki, a küllemi és a gazdasági tervezés.

A műszaki tervezés során kell meghatározni a számításba vehető csomagolóanyagokat és -eszközöket, a feladat megoldására alkalmas csomagoló- és kiegészítő gépeket, valamint a csomagolás végrehajtásának lehetséges módjait.

A küllemi tervezés feladata a csomagolás alakjának, színének, grafikájának, ill. címkézésének megválasztása, a termék és ideiglenes védőburkolata összhangjának kialakítása.

A gazdasági tervezés a ráfordítások és várható eredmények szempontjából veti egybe a műszaki és küllemi tervezés során kidolgozott alternatív megoldásokat. Feladata, hogy meghatározza az adott körülmények mellett legcélszerűbb változatot, vagy különböző feltételrendszerekhez igazodó változatokat (pl. az egység nagyságtól vagy rendeltetési helytől függően más és más lehet az optimális megoldás).

Az ismertetett részekből álló munkafolyamat végeredménye a csomagolási terv, amelynek tartalmaznia kell:

- a kiinduló feltételeket,
- a felhasználandó csomagolóanyagok fő jellemzőit, a megengedett hibákat, ill. eltéréseket,
- a csomagolóeszközök típusát, szerkezetét, fő méreteit, az egyes elemek méretezését, az összeállítás módját,
- a felhasznált csomagolószerek küllemi kialakítását, mint szín, alak, grafika, feliratok, ill. címkék,
- a csomagolás technológiájának leírását,
- a csomagolás kezelésével (pl. tárolás, rakodás, szállítás) kapcsolatos útmutatásokat,
- a szükséges csomagológépek, kiegészítő eszközök, kéziszerszámok leírását,
- a csomagolási ráfordításokra vonatkozó fő mutatókat, mint a csomagolószerek ára, a termékegységre jutó költségek, a fajlagos termékértékre jutó csomagolási ráfordítás stb.

Ha a terv a teljes csomagolási folyamatra (fogyasztói, gyűjtő, ill. szállítási) vonatkozik, minden részre külön-külön kell az előbbi szempontok szerint kidolgozni. Különböző kiinduló feltételeknél valamennyihez meg kell adni a célszerűnek ítélt változatot.

1. Csomagolástechnológia

A csomagolástechnológia a csomagolási tevékenységhez tartozó munkafolyamatok rendje és összessége, magába foglalva az azokhoz tartozó módszereket és eszközöket is. A termék, a csomagolószerszám és a csomagológép a csomagolástechnológia keretében lép egymással kölcsönhatásba.

Elemi (termék, csomagolószerszám, csomagoló- és kisegítőgép), feltételei (a csomagolás rendeltetése, szállítási és tárolási viszonyok, hatósági és egyéb előírások), valamint a folyamatokban közreműködő munkaerő szerepének változatosága következtében a csomagolástechnológiának számos formája alakult ki. Ennek megfelelően több szempontból is, úgymint:

- rendeltetése,
- jellege,
- az alaptéchnológiához való kapcsolata és
- bonyolultsága

szerint csoportosítható.

Rendeltetése szerint fogyasztói, gyűjtő- és szállítási csomagolási, valamint egységtrakomány-képzési technológia különböztethető meg.

A fogyasztói csomagolási technológiára általában a kis egységek a jellemzők. Többnyire tömegszerűen megoldandó, nagy teljesítményigényű feladatról van szó.

A gyűjtőcsomagolási technológia célja a többnyire már fogyasztói csomagolásban levő termék összefogása nagyobb elosztási egységekbe. Viszonylag homogén feladat, lényegesen kevesebb változata van, mint pl. a fogyasztói csomagolásnak.

A szállítási csomagolási technológia keretében nagyobb egységeket alakítanak ki. Jellemzője a viszonylag kisebb sorozat, több területen (pl. gépipar) pedig az egyedi jelleg. Az egységtrakományképzéshez a rakodólapok és konténerek megrakása, továbbá a rakományok rögzítése tartozik.

Jellege alapján van:

- teljesen kézi,
- kisegítő eszközökkel végzett,
- részlegesen gépesített,
- komplex gépesítésű és automatizált

technológia.

A teljesen kézi technológiánál minden műveletet emberi erővel végeznek, legfeljebb kézi szerszámok (kalapács, fogó, mérőpohár stb.) segítségével. Ma már csak alkalmi jellegű, egyedi feladatok megoldásához szokásos.

A kiegészítő eszközökkel végzett technológia a szállítási csomagolásban a legelterjedtebb. A műveletek döntő többségét kézzel végzik, de bizonyos feladatokhoz már céleszközöket (pl. pántológép, hegesztőkészülék, pneumatikus szegező) is felhasználnak.

A részlegesen gépesített technológia a fogyasztói és a gyűjtőcsomagolásban szokásos. A műveletek egy részét (vagy esetleg valamennyi alapvető műveletet) gépekkel végzik, de emberi közreműködéssel.

Ez kiterjedhet a csomagolóeszköz előkészítésére, adagolására, a kész csomagolás továbbítására stb. A kézi munka általában azokat az elemeket foglalja magába, amelyek gépesítése túlzottan bonyolult, ill. költséges lenne, és ahol az ember jelenléte nem okoz szűk keresztmetszetet.

A komplex gépesítésű technológia ma még inkább csak a nagy teljesítményt igénylő fogyasztói csomagolásban és a komplett csomagolóvonalaknál található meg. Valamennyi művelet a célgépekre hárul, az emberi tevékenység csak az irányításra és ellenőrzésre terjed ki.

Az automatizált technológiánál a gépek az irányítást, vezérlést is elvégzik. Alkalmasak a hibás csomagolások ki-selejtezésére, az üzemzavarok észlelésére, a munkafolyamat leállítására és a hiba jelzésére.

Az alaptéchnológiával való kapcsolatát tekintve a termék jellemzői (egyes élelmiszerek, gyógyszerek stb.) vagy a gyártott mennyiség (tömegtermelés) szükségessé teheti, hogy a csomagolás szervesen kapcsolódjék a termék-előállítás-hoz. Különleges esetekben az is előfordul, hogy a csomagolás beépül magába a gyártási folyamatba (pl. steril csomagolás).

Gyakori az is, hogy a csomagolást a termék-előállítás helyén, de a gyártástól időben elválasztva végzik. Ilyenkor a terméket átmenetileg csomagolatlanul, vagy ideiglenes csomagolásban tárolják.

Főleg kis sorozatban és egyedileg gyártott termékeknél fordul elő, hogy a csomagolásra helyileg is máshol kerül sor. Ha ezt nem a termelő, hanem más vállalat végzi, tehát az alap- és a csomagolástechnológia szervezetenként is elkülönül, bérccsomagolásról van szó.

A bonyolultsági fok szerint egyszerű és összetett technológia ismeretes. Az előbbi általában egy meghatározott műveletből álló csomagolási feladat (pl. érzéketlen idomacélok kötegelése).

Összetett a technológia, amikor a termék különböző műveleteken megy keresztül, amíg ideiglenes védőburkolatá-

ban szállításra alkalmassá válik. Az esetek döntő többségére ez a jellemző.

A csomagolási folyamat alapvetően négy elemre bontható:

- előkészítés,
- a termék csomagolóeszközbe juttatása,
- a csomagolás zárása,
- megjelölés.

Ennek a rendszerezésnek nagy előnye, hogy nem csupán a fogyasztói-, a gyűjtő- és a szállítási csomagolásra, hanem kisebb értelemszerű módosításokkal az egységtrakomány-képzésre is igaz.

A négy elem akkor:

- előkészítés,
- az egységtrakomány kialakítása,
- az egységtrakomány rögzítése vagy az egységtrakomány-képző eszköz zárása,
- megjelölés.

A továbbiakban mégis - a jobb érthetőség kedvéért - a tulajdonképpeni csomagolási és az egységtrakomány-képzési technológiát egymástól elválasztva tárgyaljuk. Bár mindkét esetben az egyes elemekről külön-külön lesz szó, gyakori - különösen a gépesített technológiáknál - azok összekapcsolódása, egybefolyása.

2. Rakodólapos szállítmány rögzítése pántolással

2.1 Acél pántszalagok

A hidegen hengerelt, kis szénttartalmú csomagoló acél-szalag jellemzőit az MSZ 4216-72 tartalmazza. A szabványos méretválasztékot a 11. sz. táblázat tartalmazza.

Az acélszalag anyaga az MSZ 4213-72 szerinti ASZ 1 K 50 minőség, szakítószilárdsága eléri az 500 MPa (50 kp/mm²) értéket, szakadási nyúlása pedig a 2-4%-ot.

A különleges minőségek előállításának célja, hogy növeljék a megengedett húzóigénybevételt, és nagyobb nyúlású szalagokat nyerjenek. Így ismereteseek 800 MPa (80 kp/mm²) szakítószilárdságú és 6%-os nyúlású szalagok is. A nagyszilárdságú szalagok ("Magnus-band", vagy "Super-flex" márkanéven ismereteseek) szakítószilárdsága eléri az 1400 MPa (140 kp/mm²) értéket, s nyúlásuk meghaladja a 10%-ot. Ezeknek a szalagoknak igen nagy a munkafellevő képességük, s nagy alakváltozások esetén is jelentős tartalékaik vannak.

A csomagoló acélszalag tulajdonságait a következőkben foglalhatjuk össze.

Csomagoló acélszalag szabványos méretválasztéka

Névleges szélesség mm	A szélesség tűrése mm	Névleges vastagság és tűrése mm			
		0,25 _{+0,02}	0,5 _{+0,03}	0,6 _{+0,03}	0,8 _{+0,04}
		számított tömeg, kg/100 m			
10	+ 0,3	1,96	3,92	-	-
16	+ 0,3	-	-	7,54	-
25	+ 0,4	-	-	11,8	15,7

Egyik legfontosabb kritérium az egyenletes szilárdság a teljes hossz mentén. Jórészt ettől függ a csomagolás biztonságossága. A nyúlás akkor következik be, amikor az acélszalagot húzó igénybevétel éri. Alapértékként megkülönböztethetünk a folyási határ elérésekor és a szakadáskor bekövetkező nyúlást. A csomagoló acélszalag egyenessége a könnyű és gyors feldolgozás egyik előfeltétele. A korrózió elleni védelem céljából az acélszalagot rendszerint ólomfürdőszeléssel készítik. A jobb minőségű szalagokat lakkozással, ónfürdőszeléssel vagy galvanizálással védik. A felhasználás során az acélszalagot minden esetben zsírta-
lanítani kell, mivel így akadályozható meg az acélszalag elcsúszása következtében fellépő lazulás!
A szélek épsége feldolgozási szempontból fontos. Az úgynevezett peremes szalagok védik a dolgozókat a sérülésektől, és kímélik a csomagolást is.
A felhasználás során az acélszalagban lévő hegesztési helyeket legjobb kivágni, mert a hegesztési helyek az eredeti szakítószilárdságnak csupán 80%-át érik el!
A hőmérséklet iránti érzéketlenség a csomagoló acélszalag egyik legfontosabb előnye a műanyag szalagokkal szemben.
A hőmérséklet-változás hatása a csomagoló acélszalagra elhanyagolható. Az acélszalag hosszváltozása a +60 °C és - 40 °C közötti hőmérséklet-tartományban nem éri el a 0,5%-ot!

2.2 Műanyag pántszalagok

A műanyag pántszalagok a kész csomagolások pántolására, zárására és rakodólapos egységtrakományok rögzítésére egyaránt alkalmasak.

Szokásos szélességük 10-20 mm, vastagságuk 0,3-0,8 mm. Szakítóerejük 1000-4500 N (100-450 kp) között mozog. A műanyag pántszalagok igen rugalmasak, s ez a tulajdonságuk ott használható ki teljes mértékben, ahol térfogatváltozás lép fel. Ilyenkor a műanyag pántszalag meghatározott előfe-
szítése teszi lehetővé, hogy az egységet a méretváltozás (összenyomódás) ellenére is a pánt továbbra is feszesen fogja, rögzítse.

A kifejlesztett poliamid és polipropilén szalag alkalmazhatósága különböző. A poliamid pántszalagok az egységnyi keresztmetszetre számítva többnyire 10-15%-kal nagyobb szakítóerejűek, de nyúlásuk valamivel kisebb, mint a polipropilén szalagoké.

A poliamidot hengerekkel nyújtják. Ez arról is felismerhető, hogy oldalirányban beszakítható. Olvadáspontja magasabb és szilárdsága meghaladja a polipropilénét. Különösen előnyös a nagyobb felületi keménysége. A nyújtott poliamid szalag kúszásra kevésbé hajlamos. Hátránya viszont, hogy nedvszívó, s emiatt változik a hosszúsága a környezet nedvességtartalma szerint.

Polipropilén pántszalagok jellemzői

Kardex (Kéfe- és Műanyag. ip. Váll. Kaposvár)				Dombostrip (Dombóvári Vegyesipari Szöv.)			
Szélesség mm	Vastagság mm	Szakítószil. MPa	Kiadósság m/kg	Szélesség mm	Vastagság mm	Szakítószil. MPa	Kiadósság m/kg
-	-	-	-	5	0,3	280	830
5,5	0,3	303	665	-	-	-	-
-	-	-	-	8	0,35	280	380
10	0,4	275	272	-	-	-	-
12	0,4	281	227	12	0,5	280	200
16	0,6	177	115	16	0,6	280	100

A polipropilén pántszalag olvadáspontja alacsonyabb, mint a poliamidé.

Nyújtáskor főleg hosszirányban orientálódik. A teljesen nyújtott szalag hajlamos a hosszirányú hasadásra, ezért nagy húzóigénybevétel hatására közvetlenül az elszakadás előtt több csíkra szakad. Bár a terhelést így is felveszik, határozott alakja lényegében megszűnik. Ennek kiküszöbölésére felületét bordázzák vagy varkázással látják el.

A polipropilén pántszalagokat - jellegük miatt - nem szabad olyan pántológépekkel előfeszíteni a csomagolás során, melyekben rovátkolt feszítőörgők találhatóak!

Magyarországon csak polipropilén pántszalagokat gyártanak, melyeknek jellemzőit a 12. sz. táblázat tartalmazza.

A lehetséges felhasználási területek és szállítási körülmények megállapítására ismerni kell a szalagok viselkedését alacsony és magas hőmérsékleten.

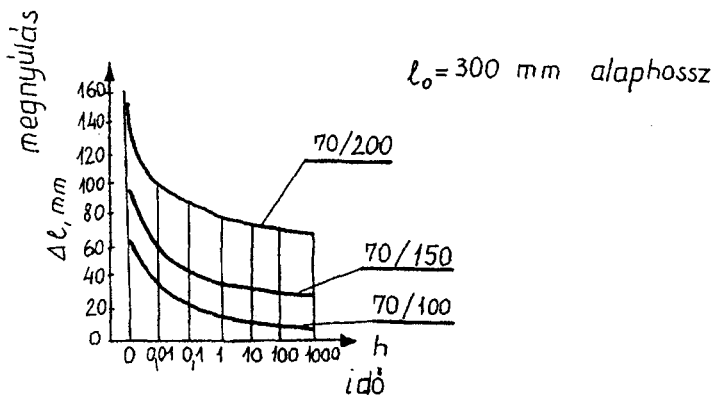
Általában figyelembe kell venni, hogy

- a műanyag pántszalagok szakítószilárdsága a hőmérséklet növekedésével különösen + 40 °C fölött rohamosan csökken, a szalagok nyúlása pedig jelentősen nő
- a +20 °C és -40 °C között a nyúlás kevésbé változik, míg a szakítószilárdság ugyanezen hőmérséklet-tartományban növekedik, esetleg a kiindulási érték 33%-ával is, ugyanakkor a szalag nem ridegedik el.

A rugalmas alakváltozás vizsgálatára a polipropilén szalagot háromféle terheléssel (100, 150, 200 MPa feszültség) normál hőmérsékleten 70 órán át állandó igénybevételnek kitéve, a szalag hossza Δl értékkel növekszik. A szalagok közvetlenül a terhelés megszűnte után nagymértékben visszanyerik eredeti méretüket, azonban ha a kezdeti terhelés nagy volt, akkor a terhelés megszüntetése után 1000 órával később is várható nyúláscsökkenés. A maradék alakváltozás, illetve a visszarugózás jellege az idő függvényében a 90. sz. ábrán látható.

Az ábrán jól követhető a polipropilén szalag alakváltozása, mely az átpántolt áru szempontjából igen jelentős momentum.

A szállítás során fellépő dinamikus igénybevételek hatására a műanyag pántszalag megnyúlik - s ha nem következik be szakadás - a pántszalag a terhelés megszűnése után önmagától ismét utánfeszül.



90. ábra
A polipropilén pántszalag visszarugózása
az idő függvényében

2.3 Az acél és a műanyag pántszalag összehasonlítása

A gyakorlatban a pántszalagok megítélése, a szalagoknak a dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásától függ.

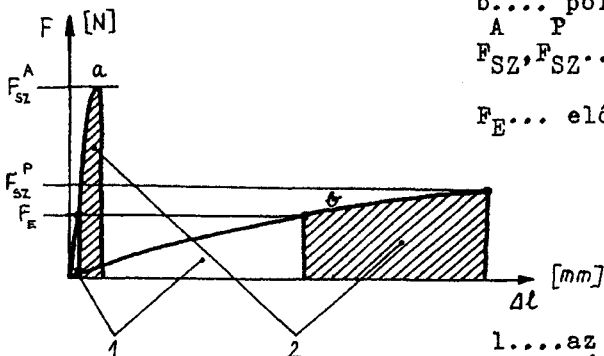
Fontos jellemzőjük a munkafelvevő képesség, mely tájékoztat a szalag által a szakadásig felvehető deformációs munka nagyságáról. A nagy szilárdságú és szakadási nyúlású szalag mind a munkafelvevő képesség, mind a felhasználhatóság szempontjából kedvezőbb.

A 91. sz. ábrán az azonos keresztmetszetű szakadásig húzott acélszalag (kereskedelmi minőségű) és polipropilén műanyag pántszalag munkafelvevő képességét rajzoltuk meg. Látható az acélszalag munkafelvevő képessége jóval kisebb, mint a műanyag pántszalagé, mely a szakadásig bekövetkező alakváltozási viszonyokkal magyarázható. Vizsgáljuk meg milyen gyakorlati következmény adódik ebből?

Egy m tömegű v sebességgel mozgó egységtrakományt fékezve az

$E_{\text{KIN}} = \frac{1}{2} m v^2$ nagyságú kinetikus energia három részre oszlik (a példa a gépjármű platóján fixen kiékelte rakodólapos egységtrakományra érvényes!).

- W_s ... a rakomány elcsúszásakor ébredő súrlódó erők munkájára
- W_d^r ... a rakomány deformációja által felvett munkára
- W_d^f ... a pántszalag nyúlásával arányos deformációs munkára



a.... csomagoló acélszalag

b.... polipropilén pánt

F_{SZ}^A, F_{SZ}^P ...szakadáshoz tartozó erő

F_E ... előfeszítőerő

1....az előfeszítés során felvett energia

2.... szakadásig felvehető deformációs energia

91. ábra

Munkafelvevő képességek alakulása acél és polipropilén pántszalag esetén

Azaz:

$$E_{KIN} = W_s + W_d^P + W_d^F \quad (1)$$

Mivel az acélpánt által felvett deformációs energia jóval kisebb mint a műanyag pánt esetén, ezért azonos W_s értéket feltételezve acélpántos rögzítés esetén a rakomány deformációjára fordítódó energia jóval nagyobb lesz, vagyis a rakomány sérülésének a veszélye is nő!

Általánosan megállapítható, hogy acélpántos rögzítés esetén a rakomány sérülésének fokozott veszélyével kell számolnunk!

Ütközés esetén az acélpánt mint merev fal viselkedik (a kis nyúlása miatt), s a mozgási energia zömében a rakomány deformációjára fordítódik, mely az áru jellegétől függően tetemes törési kárt eredményezhet.

Természetesen az acélpánt nagyobb szakítószilárdsága miatt jelentősebb nagyságú dinamikus erők felvételére alkalmas!

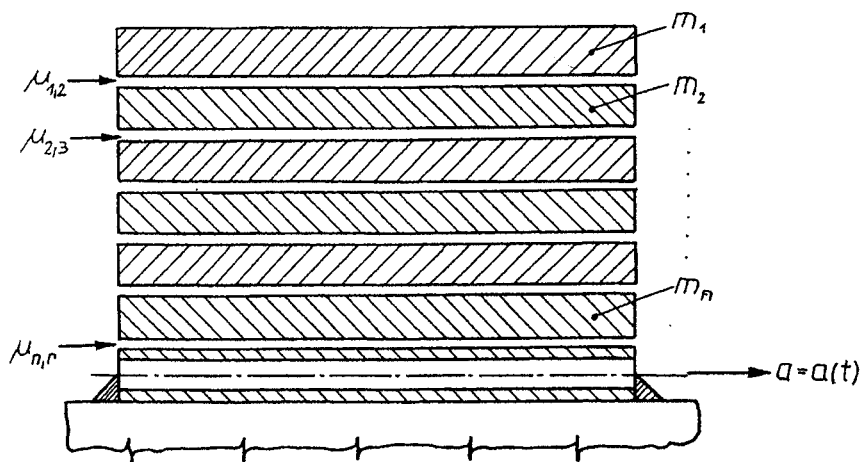
A lökészerű húzóterhelésekkel szembeni ellenállásra a dinamikus szilárdság ad támpontot. A szalag szakadásáig felvett ütőmunkát Charpy-rendszerű ingás ejtőkalapáccsal vizsgálva - az elvégzett kísérletek alapján - a polipropilén pántszalag fajlagos ütőmunka értéke átlagosan 3 MJ/m^2 , míg a csomagoló acélpánt szalagé csak ennek egyharmada, azaz 1 MJ/m^2 .

2.4 Mechanikai modellezés

2.4.1 Modellezés pántolás nélkül

A modellezés első lépéseként tekintsünk egy n számú merev testből álló egységgrakományt, amelyet $a = a(t)$ gyorsulásfüggvénnyel gerjesztünk (92. sz. ábra). A legalsó tömeg (m_n) és a raklap közötti súrlódási viszonyt $\mu_{n,r}$ -el jelöljük, melyre általában igaz:

$$\mu_{n,r} > \mu_{i,i+1}$$



92. ábra

Egységgrakomány egyszerűsített modellje

A rákódólap mereven együtt mozog a rakfelülettel, s az $a = a(t)$ függvény az egységgrakományok szállítása közben fel lépő gyorsulási viszonyokat írja le.

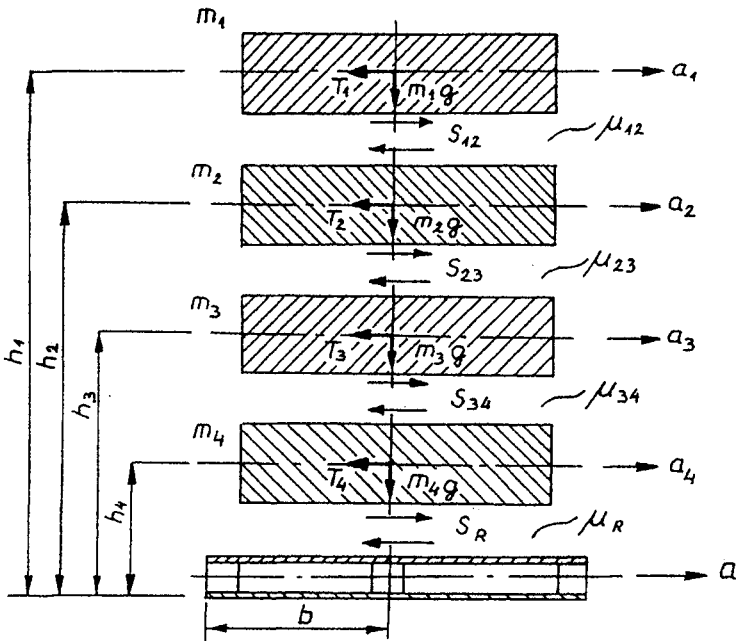
Elsőként határozzuk meg a raklap azon $a = a_{\max}$ gyorsulásértékét, mely mellett még nem következik be az egyes m_i tömegek elcsúszása, vagyis az m_i tömegpont rendszer merev testként mozog a raklappal együtt.

A 93. sz. ábrán az egyes tömegekre ható erőket rajzoltuk meg.

A legfelső m_1 tömeg egyensúlyi egyenlete:

$$- T_1 + S_{12} = 0$$

$$- m_1 a_1 + \mu_{12} \cdot m_1 \cdot g = 0$$



93. ábra

A gyorsulások megoszlása az egységgrakománon belül

A megcsúszás határhelyzetében az m_1 tömeg tömegközéppontjának gyorsulása - melyet későbbiekben a_1^k kritikus gyorsulásnak nevezünk:

$$a_1^k = \mu_{12} \cdot g \quad (2)$$

Az m_2 tömeg egyensúlyi egyenlete:

$$- T_2 - S_{12} + S_{23} = 0$$

$$- m_2 a_2 - \mu_{12} \cdot m_1 \cdot g + \mu_{23} (m_1 + m_2) g = 0$$

Kritikus gyorsulása:

$$a_2^K = \frac{m_1}{m_2} (\mu_{23} g - \mu_{12} g) + \mu_{23} \cdot g \quad (3)$$

Az m_3 tömeg egyensúlyi egyenlete:

$$- T_3 - S_{23} + S_{34} = 0$$

$$- m_3 a_3 - \mu_{23} (m_1 + m_2) g + \mu_{34} (m_1 + m_2 + m_3) \cdot g = 0,$$

Kritikus gyorsulása pedig:

$$a_3^K = \frac{m_1 + m_2}{m_3} (\mu_{34} \cdot g - \mu_{23} \cdot g) + \mu_{34} \cdot g \quad (4)$$

A legalsó m_4 tömeg egyensúlya:

$$- T_4 - S_{34} + S_R = 0$$

$$- m_4 a_4 - \mu_{34} (m_1 + m_2 + m_3) g +$$

$$+ \mu_R (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) g = 0$$

Kritikus gyorsulása:

$$a_4^K = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{m_4} (\mu_R \cdot g - \mu_{34} \cdot g) + \mu_R \cdot g$$

Amennyiben a tömegek és a súrlódási tényezők azonosak
- $\mu_R > \mu_i, i+1$ kitétel mellett - a (2), (3), (4), (5) ki-
fejezések így alakulnak:

$$a_1^K = \mu g \quad (6)$$

$$a_2^K = \mu g \quad (7)$$

$$a_3^K = \mu g \quad (8)$$

$$a_4^K = 4 \mu_R \cdot g - 3 \mu g \quad (9)$$

Mint látható $\mu_R = \mu$ esetén a (9) kifejezés is $a_4^K = \mu g$ alakú lesz, vagyis az egyes tömegek kritikus gyorsulásai azonosak:

$$a_1^K = a_2^K = a_3^K = \dots = a_i^K = \mu \cdot g \quad (10)$$

A raklap gyorsulásának maximuma - a rakomány szétcsúszásának veszélye nélkül - tömegtől független, kizárólag a μ súrlódási tényezőtől függ. Értéke:

$$a^{\max} = \mu g = a_i^K \quad (11)$$

Természetesen ezen megállapítás csak a rakomány felborulásának határhelyzetéig igaz!

Az egyes T_i tömegerők nyomatóka a sarokpontra:

$$M_A = T_i \cdot h_i = T_1 h_1 + T_2 h_2 + T_3 h_3 + T_4 h_4$$

$$M_A = m_1 a_1 h_1 + m_2 a_2^K h_2 + m_3 a_3^K h_3 + m_4 a_4^K h_4$$

$$M_A = m \mu g h_1 + m \mu g h_2 + m \mu g h_3 + m \mu g h_4$$

$$M_A = m \mu g (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) = 4 m \cdot \mu \cdot g \cdot h_{\text{KÖZÉP}}$$

$$M_A = 4 \cdot m \cdot g \cdot \mu \cdot h_{\text{KÖZÉP}}$$

A felborulás határhelyzetében:

$$M_A + M'_A = 0$$

ahol

$$M'_A = m_1 g b + m_2 g b + m_3 g b + m_4 g b = 4 m g b$$

így írható le:

$$4 m g \mu h_{\text{KÖ}} = 4 m g b$$

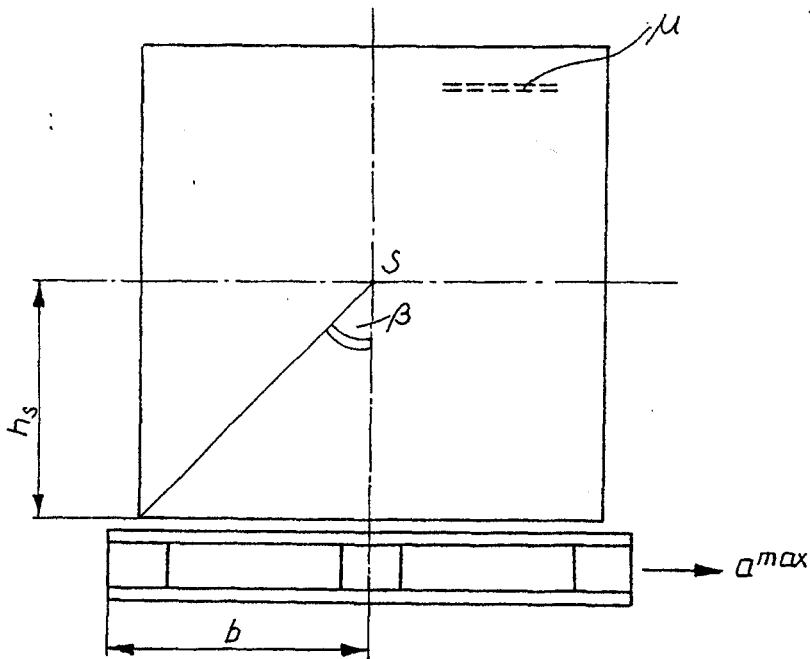
$$g \mu h_{\text{KÖ}} = g b$$

$$a_i^K = g \frac{b}{h_{\text{KÖZ}}}$$

Tehát a raklap gyorsulásának megengedhető maximuma a felborulás veszélye nélkül:

$$a^{\max} = g \frac{b}{h_s} \quad (12)$$

Összevetve a 11. és 12. egyenleteket, láthatjuk a raklap gyorsulásának maximumát két tényező határolja le. Egyrészt a rakományok közötti μ súrlódási tényező, másrészt a b/h_s viszony. A 94. ábra alapján írhatjuk:



94. ábra
Geometriai méretektől függő "belső súrlódási félkúpszög"

$$a^{\max} = g \frac{b}{h_s} = g \operatorname{tg} \beta = g \cdot \mu'$$

ahol $\operatorname{tg} \beta = \mu'$ a rakomány eredő tömegközéppontját kijelölő, geometriai méretektől függő "súrlódási félkúpszög".

Összefoglalva a maximális raklapgyorsulás értéke:

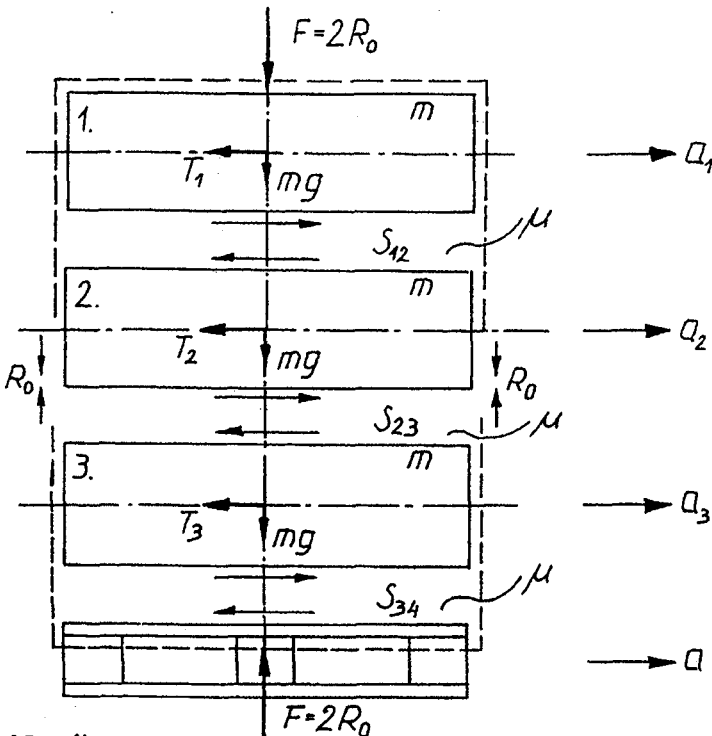
$$a^{\max} = \min \left\{ (\mu g); \left(\frac{b}{h_s} \cdot g \right) \right\} \quad (13)$$

Amennyiben az egyes rakományrétegek között a μ súrlódási tényező nem azonos, a fenti kifejezés így módosul:

$$a^{\max} = \min \left\{ (\min \{ a_i^K \}); \left(\frac{b}{h_s} g \right) \right\} \quad (14)$$

2.4.2 Modellezés pántolással

Vizsgáljuk meg a pántoló szalag előfeszítése mennyiben befolyásolja az egyes tömegek kritikus gyorsulásait? A pántszalagot $R = R_0$ (kN) nagyságrendben előfeszítjük, melynek hatását $F = 2R_0$ koncentrált erőként vehetjük figyelembe (95. sz. ábra).



95. ábra
Pántolt egységgrakomány

Az 1 jelű, súrlódó tömeg egyensúlya:

$$- T_1 + S_{12} = 0$$

$$- m a_1 + \mu (mg + F) = 0$$

Innen a kritikus gyorsulás:

$$a_1^K = \mu g + \frac{\mu F}{m} = \mu g + \frac{\mu 2R_0}{m}$$

$$a_1^K = \mu g + \frac{\mu 2R_0}{m} \quad (15)$$

Az S_{23} súrlódó erő által átvihető maximális gyorsulás:

$$S_{23} = a_2^K (m_1 + m_2) = 2 m_2^K, \text{ továbbá}$$

$$S_{23} = \mu (m_1 + m_2) g + \mu 2R_0 = 2 \mu g m + 2 \mu R_0$$

Fentiek alapján:

$$2m a_2^K = 2 \mu g m + 2 \mu R_0$$

$$a_2^K = \mu g + \mu \frac{2R_0}{2m} \quad (16)$$

A 3. jelű tömeg kritikus gyorsulása:

$$a_3^K = \mu g + \mu \frac{2R_0}{3m} \quad (17)$$

Általánosan megfogalmazva a kapott eredményeket:

$$a_i^K = \frac{S_{i,i+1}}{\sum_{k=1}^i m_k} = \frac{\mu_{i,i+1} \left(\sum_{k=1}^i m_k g + 2 R_0 \right)}{\sum_{k=1}^i m_k}$$

$$a_i^K = \mu_{i,i+1} \cdot g + \mu_{i,i+1} \frac{2 R_0}{i \sum_{k=1} m_k}$$

A raklap megengedhető maximális gyorsulása a pántszalag előfeszítése mellett - a rakomány szétcsúszása és felborulása nélkül - 1 db pánt esetén:

$$a_i^{\max} = \min \left\{ \left(\min \left\{ \left(\mu_{i,i+1} \cdot g + \mu_{i,i+1} \cdot \frac{2R_0}{i \sum_{k=1} m_k} \right) \right\} ; \left(\frac{b}{h_s} g \right) \right\} \right\} \quad (18)$$

Az eddigi számítások egyértelműen mutatják, hogy a rakomány szétcsúszását, illetve ennek lehetőségét a rakományok közötti μ súrlódási tényező növelésével, továbbá a pántszalag előfeszítésének növelésével nagymértékben csökkenthetjük.

Megjegyzés: A fentiek csak akkor helytállóak, ha az egyes "m" tömegű rakományrétegek egybefüggőek, vagy a legfelső rétegre az előfeszítő erőt merev testként viselkedő (nyomatékmerev) közvetítő lapon keresztül származtatjuk át. Például téglából elkészített egységtrakomány esetén a két pántszalag között lévő téglasorra már nem hat az R_0 előfeszítő-

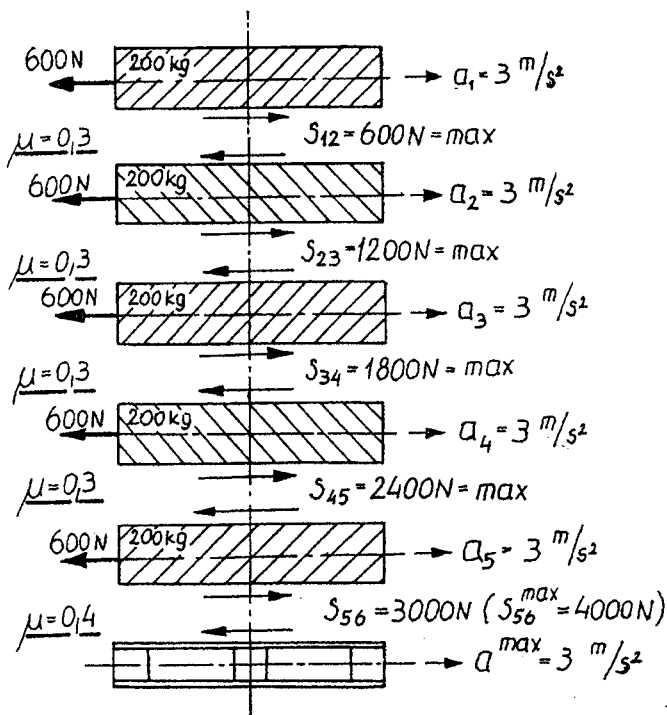
erő, s ebben az esetben - tetőlap alkalmazása nélkül a rakodólap maximális gyorsulása csak μg értékű lehet!

A 96. sz. és 98. sz. ábrán, továbbá a 97. sz. és a 99. sz. ábrán megegyező súrlódási viszonyok között - előfeszítés mellett, illetve pántolás nélkül a raklap kritikus gyorsulását határoztuk meg.

(A berajzolt a_i^{\max} értékek mellett egyik rakományréteg sem csúszik meg!)

A következőkben az egyes rakományrétegek mozgását vizsgáljuk meg kritikusanál nagyobb értékű raklapgyorsulás esetén, a a_i^{krit} feltétel mellett.

A 100. sz. ábrán vázolt m tömegű kritikus gyorsulása $a^K = \mu \cdot g$ értékű.

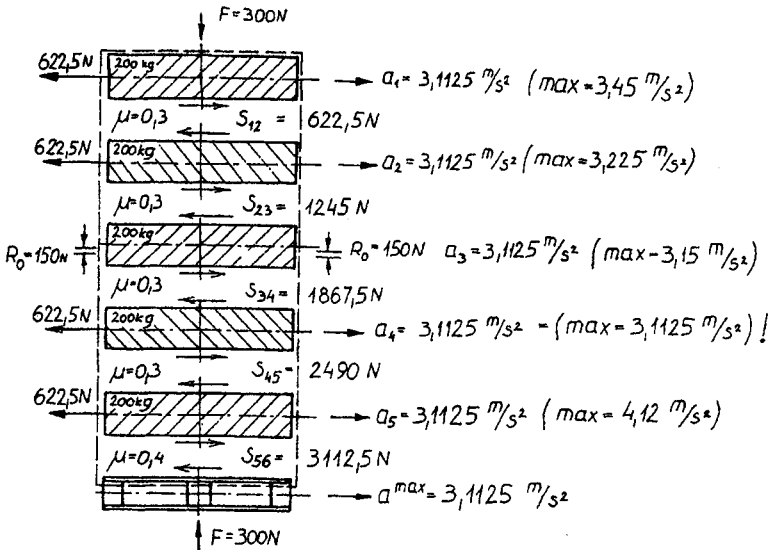


$$\underline{a^{\max} = 3 \text{ m/s}^2} \quad (\text{pántolás nélkül})!$$

$$a^{\max} = \min \{ \mu_i g \} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ m/s}^2$$

96. ábra

Maximális gyorsulás meghatározása pántolás nélkül

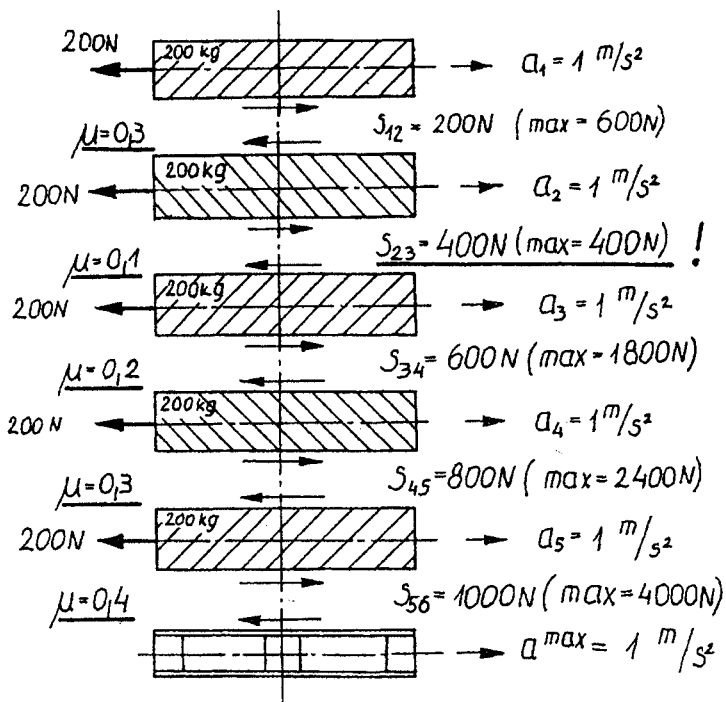


$$a^{\max} = \min \left\{ \left(\min \left\{ \mu g + \mu_i \frac{F}{\sum_{k=1}^i m_k} \right\} \right) \right\} = 0,3 \cdot 10 + \frac{300}{800} \cdot 0,3 = 3,1125\text{ m/s}^2$$

$$a^{\max} = 3,1125\text{ m/s}^2 \quad (\text{pántolás és előfeszítés nélkül } a^{\max} = 3\text{ m/s}^2!)$$

98. ábra

Maximális gyorsulás meghatározása pántolás esetén

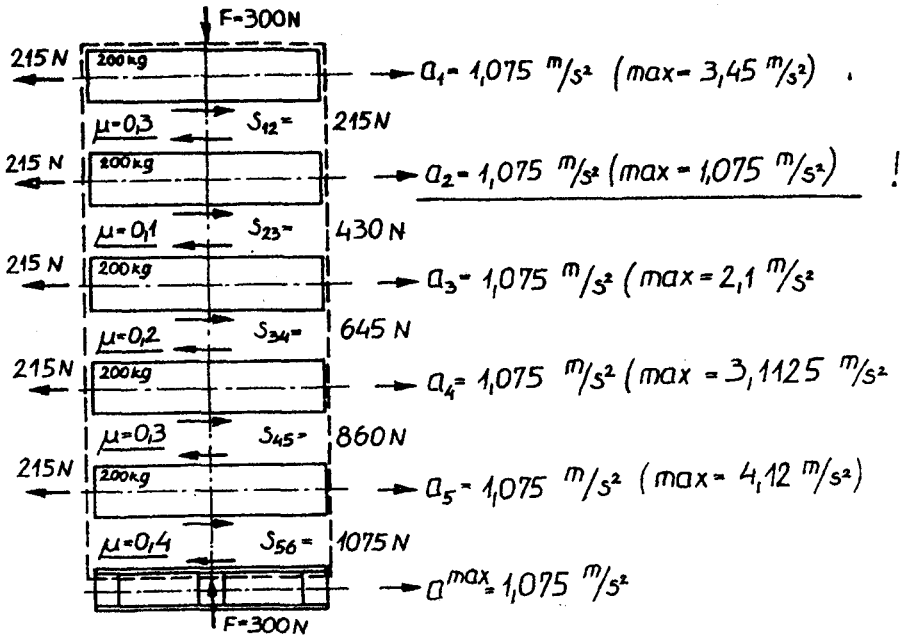


$$a^{\text{max}} = \min \{ \mu_i g \} = 0,1 \cdot 10 = 1\text{ m/s}^2$$

$$\underline{a^{\text{max}} = 1\text{ m/s}^2} \quad (\text{pántolás nélkül})!$$

97. ábra

Maximális gyorsulás meghatározása pántolás nélkül rakományrétegekként különböző értékű súrlódási tényező esetén

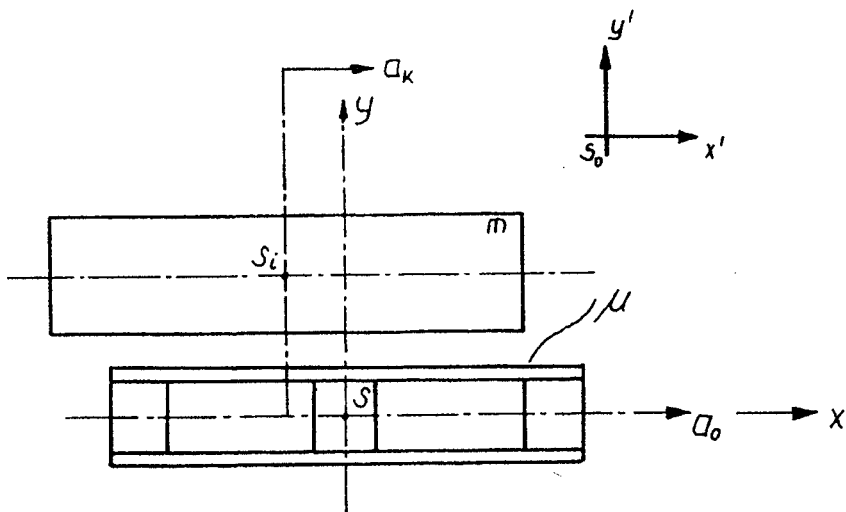


$$a^{\max} = 1,075\text{ m/s}^2 \quad (\text{előfeszítés nélkül } a^{\max} = 1\text{ m/s}^2)$$

$$a^{\max} = \min \{a_i^k\} = 0,1 \cdot 10 + 0,1 \frac{300}{400} = 1,075\text{ m/s}^2$$

99. ábra

Maximális gyorsulás meghatározása pántolás esetén különböző értékű súrlódási tényező mellett



100. ábra
Relatív koordináta-rendszer

Ameddig $a_0 = a^K$ feltétel teljesül az álló - földhöz rögzített - koordináta-rendszer $(x'y')$ origójában levő megfigyelt mind az m tömeg S_i tömegközéppontját, mind a raklap S tömegközéppontját azonos gyorsulással látja mozogni. A mozgó (x, y) koordináta-rendszerben - amely a raklap S tömegközéppontjához rögzített - az m tömeg S_i tömegközépponti gyorsulása zérus.

Amennyiben túllépjük az a^K kritikus gyorsulásértéket, akkor $(a_0 > a^K = \mu g)$ az:

$x'y'$ rendszerben (álló) x y rendszerben (mozgó)

raklap gyorsulása: a_0 -

tömeg gyorsulása: $a^K = \mu g = a_i$ $\alpha_i = a_0 - a^K$

Tehát a mozgó koordináta-rendszerben a rakomány tömegközéppontja $\alpha_i = a_0 - a^K = a_0 - \mu \cdot g$ relatív gyorsulással mozog a raklap a_0 gyorsulásvektorával ellentétes értelemben. Ennek tisztázása azért fontos, mert amennyiben a rakományt pántolással rögzítjük, és túllépjük a súrlódó erő által biztosított kritikus gyorsulást - a pántszalagot terhelő erő nagysága a megcsúszott tömegtől (m) és a relatív gyorsulás-

tól függ (α). A megcsúszás utáni egyensúlyi állapotban a következő összefüggéssel számolhatunk:

$$m a_0 = m a^K + m \alpha$$

Az i -edik tömeg egyensúlyát kifejező egyenlet:

$$m_i a_0 = m_i a_i^K + m_i \alpha_i$$

ahol

$$m_i a_i^K = \Delta S_{i,i+1} = \mu (m_i g + 2 R_i)$$

$$m_i a_i^K = \mu (m_i g + 2 R_i \cos \varphi)$$

továbbá

$$m_i \alpha_i = 2 R_x = 2 R_i \sin \varphi$$

végül:

$$m_i a_0 = \mu (m_i g + 2 R_i \cos \varphi) + 2 R_i \sin \varphi$$

kifejezést nyerjük. A pántszalagban ébredő erő R_i :

$$m_i a_0 = \mu m_i g + \mu 2 R_i \cos \varphi + 2 R_i \sin \varphi$$

$$m_i a_0 - \mu m_i g = 2 R_i (\sin \varphi + \mu \cos \varphi)$$

$$R_i = \frac{m_i a_0 - m_i g \mu}{2(\sin \varphi + \mu \cos \varphi)} = m_i \left(\frac{a_0 - \mu g}{2(\sin \varphi + \mu \cos \varphi)} \right)$$

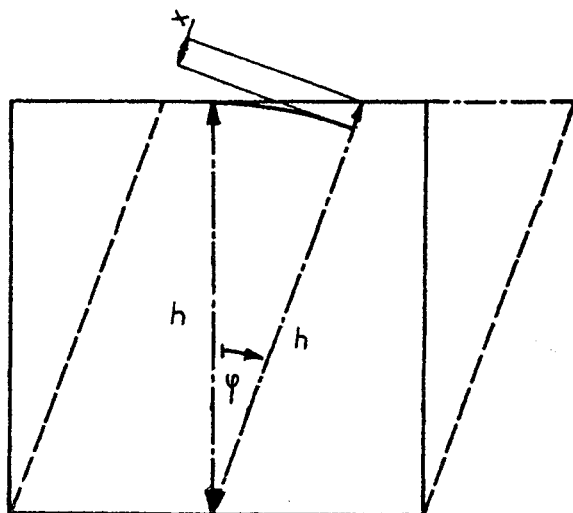
Az eredő erő: R_0

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$R_0 = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{a_0 - \mu g}{2(\sin \varphi + \mu \cos \varphi)} \right) \quad (19)$$

Továbbá:

$$R_0 = c \cdot x \quad (102. \text{ sz. ábra})$$



102. ábra
Egységgrakomány elcsúszása

$$\cos \varphi = \frac{h}{h+x}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{h+x}\right)^2}$$

Ezek felhasználásával végül:

$$R_0 = c \cdot x = \sum_{i=1}^n m_i \left[\frac{a_0 - \mu_i \cdot g}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{h}{h+x}\right)^2} + \mu_i \left(\frac{h}{h+x}\right)} \right] \quad (21)$$

I. II.

A fenti kifejezésben c (N/mm) a műanyagpánt, acélpánt húzó-
merevsége (rugóállandója).

Az R_0 meghatározása iterációval történik. Az I. és II. jelű
egyenletben az x paraméter változtatásával kell beállítani
az egyensúlyi állapotot. Az x meghatározása után egyértel-
műen adódik az R_0 , R_1 pántherő, továbbá a φ szög nagysága.

Amennyiben a felhasználni kívánt pántról rendelkezésünkre áll konkrét nyúláserő diagram, úgy ezt az I. jelű egyenletbe helyettesítve pontosabb R_0 pánterő érték meghatározására van lehetőségünk. Különösen fontos ez a polipropilén pántok esetében (lásd 90. sz. és 91. sz. ábrát), ahol a c rugómevség nem konstans!

Megjegyzés: a 21. sz. kifejezésben a $\mu_i g$ szorzat tulajdonképpen az m_i tömeg a_i^K kritikus gyorsulása, s a $\mu_i g$ behelyettesítést minden egyes tömeg esetében értelemszerűen kell elvégezni. Továbbá az elmozdulás során az egyes tömegek sarkvonalai és a pánt közötti súrlódó erőt nem kell figyelembe venni, mert az ott ébredő súrlódóerő reakcióereje magán a pánton ébred, visszahat rá, így az eredő pánterő nagyságát végül is nem befolyásolja.

2.5 Alkalmazási példa numerikus megoldása

Határozzuk meg a pántban ébredő erő nagyságát a következő adatok alapján:

$$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 250 \text{ (kg)}$$

$$M = \sum_{i=1}^n m_i = 1000 \text{ (kg)}$$

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0,3 \text{ (-)}$$

$$a_0 = 4 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h = 1.500 \text{ (mm)}$$

$$b = 1.200 \text{ (mm)}$$

$$\text{pántok száma } k = 2 \text{ (db)}$$

$$\begin{aligned} \text{A teljes kerület } K &= 2 h + 2 \cdot b = 1 \cdot 1500 + 2 \cdot 1200 = \\ &= 5400 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

Acélszalagos pántolás:

Acélpánt jellemzői

$$A = 16 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{sz} = 500 \text{ (MPa)} \quad (5000 \text{ kp/cm}^2)$$

$$F_{sz} = 4800 \text{ (N)} \quad (489 \text{ kp}) \dots\dots \text{szakítóerő}$$

Húzási merevség: C

$$C = \frac{A \cdot E}{l} = \frac{A \cdot E}{K/2} = \frac{9,6 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{2700} = 746,6 \text{ (N/mm)}$$

$$C = 746,6 \text{ (N/mm)}$$

$$R_O = cx = \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^n m_i \left[\frac{a_o - \mu_i g}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{h}{h+x}\right)^2} + \left(\frac{h}{h+x}\right) \mu_i} \right] \right)$$

Az adatokat behelyettesítve:

$$746,6 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{5 - 0,3 \cdot 9,81}{2 \left[\sqrt{1 - \left(\frac{1500}{1500+x}\right)^2} + 0,3 \frac{1500}{1500+x} \right]}$$

$$746,6 \cdot x = \frac{514,25}{\sqrt{1 - \left(\frac{1500}{1500+x}\right)^2} + 0,3 \frac{1500}{1500+x}}$$

Az egyensúlyi állapothoz tartozó x az iteráció után:

$$x = 1,962 \text{ (mm)}$$

$$R_O = 1464,8 \text{ (N)} < F_{SZ} = 4800 \text{ (N)} \quad \text{Zérus nagyságú előfeszítés esetén}$$

$$\varphi = 2,928^\circ$$

$$s = 76,74 \text{ (mm)} \quad (\text{lásd a 101. sz. ábrát})$$

$$\text{A biztonsági tényező } n = \frac{F_{SZ}}{R_O} = \frac{4800}{1464,8} = 3,27$$

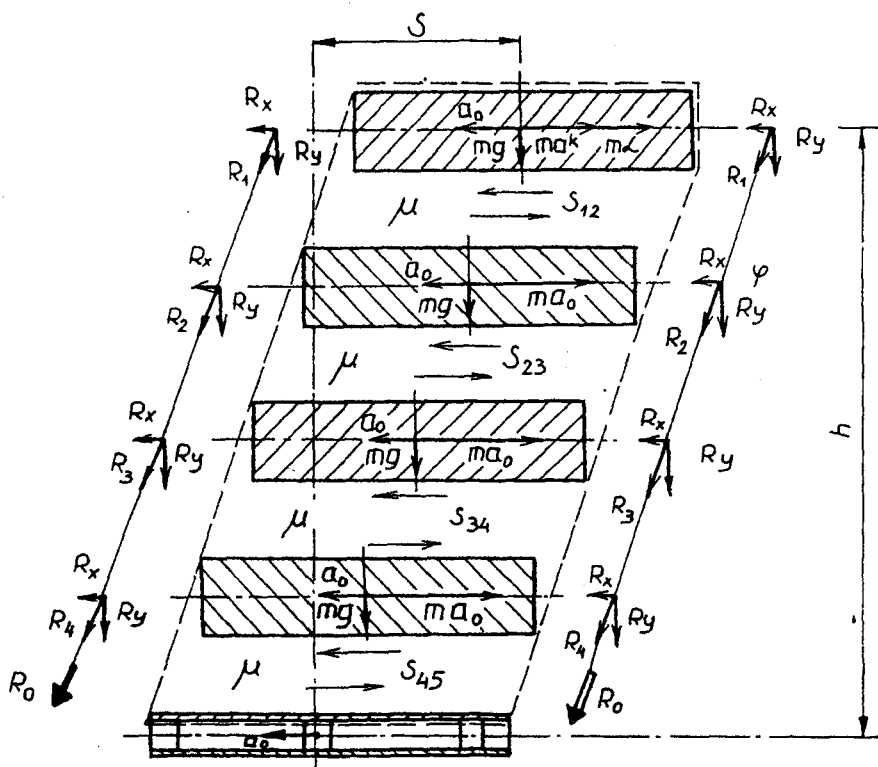
Érdemes meghatározni azon R_E előfeszítő erő nagyságát is, mely mellett $a_o = 5 \text{ m/s}^2$ gyorsulás hatására egyik rakományréteg sem csúszik el, azaz $s = 0 \text{ (mm)}$!

$$R_E = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{a_o - \mu_i g}{2 \left[\sqrt{1 - \left(\frac{h}{h+x}\right)^2} + \left(\frac{h}{h+x}\right) \cdot \mu \right]} \right) =$$

$$R_E = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{5 - 0,3 \cdot 9,81}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{1500}{1500+0}\right)^2} + 0,3 \cdot \frac{1500}{1500+0}}$$

$$= \frac{514,25}{0,3} = 1714,1 \text{ (N)}$$

$$m a_0 = m a^* + m \mathcal{L}$$



101. ábra
Pánterő számítása

$R_E = 1714,1$ (N) előfeszítés esetén az egyes rétegek helyben maradnak. Ezen előfeszítő-erő létrehozásához szükséges nyújtás egy pántszalagra vonatkoztatva:

$$\Delta l = 2 \frac{R_E}{C} = 2 \frac{1714,1}{746,6} = 4,59 \text{ (mm)}$$

Ekkor a szalagban ébredő feszültség:

$$\sigma = \frac{R_E}{A} = \frac{1714,1}{9,6} = 178,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma = 178,5 < \sigma_{SZ} = 500 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \text{ tehát megfelel!}$$

Összegezve a kapott eredményeket:

$$a) R_O = 1464,8 \text{ (N)} \quad s = 76,74 \text{ (mm)} \quad a_0 = 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Konkrét erő-nyúlás diagram szükséges!

$$b) R_E = 1714,1 \text{ (N)} \quad s = 0 \text{ (mm)} \quad a_1 = 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Mint látjuk $R_E > R_O$, s mivel a "b" eset számításához nincs szükségünk konkrét erő-nyúlás diagramra, csak a szakítószilárdság, illetve a szakítóerő nagyságának ismeretére, így azokban az esetekben amikor nem áll rendelkezésre diagram, a nagyobb biztonságot jelentő R_E előfeszítő-erőt vesszük alapul.

Polipropilén pántszalag esetén:

- Pántszalag jellemzői:

$$A = 9,6 \text{ mm}^2$$

$$F_{SZ} = 2688 \text{ (N)}$$

$$\sigma_{SZ} = 280 \text{ MPa (280 N/mm}^2\text{)}$$

Tekintve, hogy nem áll rendelkezésre konkrét erő-nyúlás diagram, továbbá a c paraméter sem konstans, ezért a "b" ellenőrzési esetet választjuk!

Az előző számítások alapján $R_E = 1714,1$ (N)

$F_{SZ} = 2688$ $R_E = 1714,1$ (N), a biztonsági tényező

$$n = \frac{F_{SZ}}{R_E} = \frac{2688}{1714,1} = 1,57$$

Ezek alapján tehát a fenti paraméterű 2 db polipropilén pánt is - legkevesebb $n = 1,57$ -os biztonsággal - képes megtartani az egységtrakományt!

Végezzük el az ellenőrzést a 2.4.2 fejezetben meghatározott kifejezés (18. sz.) alapján:

$$R_E = 1714,1 \text{ (N)}$$

$$\mu_{i,i+1} = 0,3 \text{ (-) (végig állandó)}$$

$$\sum m_i = 1000 \text{ (kg)}$$

a rakomány mérete: 1200 x 800 x 1500 (mm)

Határozzuk meg a raklap a_0 maximális gyorsulását!

$$a_0^{\max} = \min \left\{ \left(\min \left\{ 0,3 \cdot 9,81 + 0,3 \frac{4 \cdot 1714,1}{1000} \right\} \right); \left(\frac{400}{750} \cdot 9,81 \right) \right\}$$

$$a_0^{\max} = \min \{ (4,999); (5,232) \}$$

$$a_0^{\max} \approx 5 \text{ m/s}^2 \text{ ami megegyezik az előző számításoknál kiindulásként felvett értékkel!}$$

3. Egységtrakományok rögzítése zsurorfóliával és nyújtható fóliával

3.1 Zsurorfóliás rögzítés

A rakodólapos egységtrakományok legegyszerűbben előre-gyártott zsurorfólia sapkával rögzíthetők. A sapkát kézzel húzzák az egységtrakományra és esetenként kapcsokkal rögzítik a rakodólaphoz. Ennek jelentőségére a mechanikai elemzés során visszatérünk. Ezután az egységtrakományt kb. 110°-ra felemegítik, majd mintegy 15-35 s után az alagútból ki lépve és további 30-60 s lehülési idő után szállításra kész.

Zsugorfóliák tulajdonságai

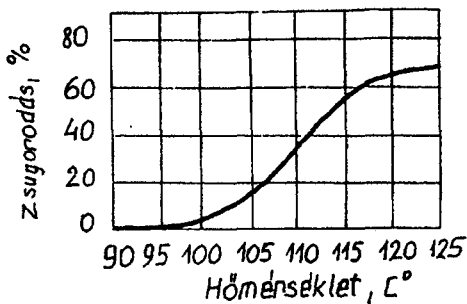
A zsugorfólia típusa	Sűrűség, g/cm ³	Szakító- szilárdság, MPa	Merevség	Áteresztő képesség 0,025 mm vastag fólia esetén		Max. zsugo- rodás MPa	Zsugoro- dási feszültség, MPa	Zsugorodási hőmérséklet, °C	Szokásos alagút- hőmérséklet, °C	Hegesztési hőmérséklet, °C
				vízgőz ^{MM} g m ² .24 h	oxigén cm ³ m ² .MPa.24 h					
Nagynyomású polietilén térhálósított	0,92 0,92	11...35 56...100	csekély csekély	12...18 6...10	60 000...90 000 50 000...70 000	15...55 70...80	0,5...3,5 1,0...3,5	105...150 70...120	120...150 110...310	150...200 150...230
PVC ^K	1,3...1,4	14...100	nagy, ill. középs	20...85	2 000...80 000	50...70	1,0...2,2	65...150	110...155	135...175
Polipropilén	0,90	110...190	nagy	4...6	10 000...25 000	70...80	2,0...4,2	105...175	150...230	175...200
PVDC kopolimer	1,65	42...140	csekély középs	3...15	150... 3 000	30...60	0,5...1,5	65...100	95...140	100...200
Polisztirol	1,05	64...85	nagy	70...240	30 000...50 000	40...60	0,7...4,2	100...130	130...160	120...150
Poliészter	1,15...1,4	120...170	nagy	20...45	300...700	40...50	5,0...10,5	70...120	110...155	-
Pliofilm (poliizoprén- hidroklorid)	1,1	56...85	csekély	12...20	20 000...30 000	30...50	1,0...2,5	65...110	100...150	120...180

Megjegyzés: ^K a széles tartomány a lágyítóanyag-tartalom következménye.

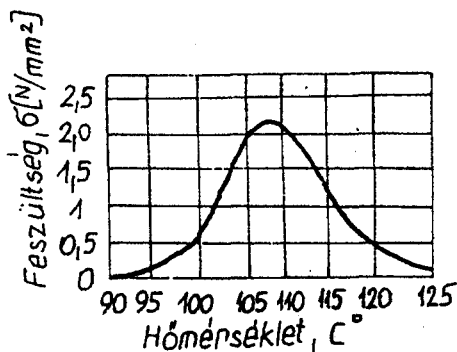
^{KK} 20 °C-on 85% relatív légnedvesség-különbségnél.

A levegő a zsugorfólia alatt kb. $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegszik fel. A hőmérséklet a dobozokban, vagy zsákokban legfeljebb $2...3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedik. Az alkalmazott zsugorfólia olyan hőre lágyuló műanyag fólia, mely hirtelen hő hatására méretét jelentősen változtatja, zsugorodik. A sokféle zsugorfóliát rendszerint nagynyomású polietilénből és PVC-ből készítik. A PVC zsugorfólia mechanikai szilárdsága, fényáteresztése jobb, mint a polietiléné, alacsonyabb hőmérsékleten és gyorsabban zsugorodik. A polietilén fóliát a felmelegítést követően hirtelen és hatásosan hűteni kell. Az ismert zsugorfóliák jellemzőit a 13. sz. táblázat tartalmazza.

A 103. sz. ábrán a polietilén fólia hosszirányú zsugorodása látható a hőmérséklet függvényében. A legnagyobb zsugorodási feszültséget $105...110\text{ }^{\circ}\text{C}$ között lehet elérni, a szabad zsugorodás ekkor kb. 20%.



103. ábra
Polietilén fólia hosszirányú zsugorodása a hőmérséklet függvényében



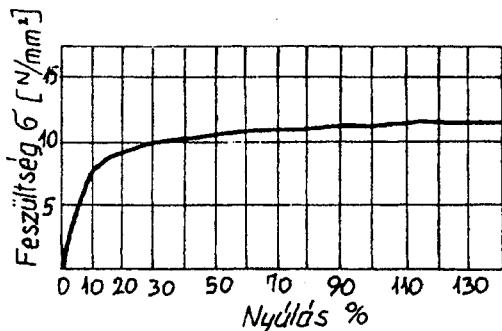
104. ábra
A lehűlés utáni feszültség a zsugorítási hőmérséklet függvényében

Ekkor a lehülés után az anyagban ébredő zsugorfeszültség kb. 2 N/mm^2 (104. ábra). Amennyiben a fóliát 110°C -nál tovább melegítik a zsugorodás tovább folytatódik ugyan, de a lehülést követően visszamaradó zsugorfeszültség rohamosan csökken!

3.2 Egységtrakomány rögzítése nyújtható fóliával

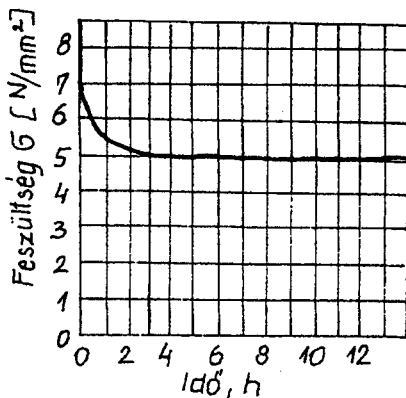
A rakodólapos egységtrakomány nyújtható fóliás rögzítése esetén a rakományt körbeforgatják, s közben a nyújtható polietilén vagy PVC fóliát mechanikus feszítőszerkezettel megnyújtják, így az a szükséges szorítóerővel tekeredik rá az egységtrakományra. A legrugalmasabb rögzítési rendszer a spiráltekerccselés. Ekkor a tetszőleges magasságú rakományokat állandó szélességű fóliatekerccsel kb. 50 mm-es átlapalással burkolják.

A hidegen nyújtható fóliánál kb. 10% nyújtásig a nyúlás a húzóerővel közel arányos, s 20% felett kisebb erő hatására nagyobb nyúlás érhető el, sőt a fólia túlnyújtásának a veszélye is fennáll (105. sz. ábra).



105. ábra
Nyújtható fólia feszültség - nyúlás-
diagramja

Figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy a hidegen nyújtott fóliában a feszültség az első 4 órában folyamatosan csökken (a fólia tekerccselés meglazul), majd állandósul (106. sz. ábra). A 106. sz. ábra 10%-os nyújtás esetére igaz. A 105. és 106. sz. ábra alapján a nyújtás optimális mértéke 10%, és ekkor a relaxálást követően 5 N/mm^2 maradandó feszültség ébred a nyújtott fóliában.



106. ábra
Nyújtható fólia feszültségének
csökkenése 10%-os nyújtás után

3.3 A zsugor- és nyújthatófóliás rögzítés összehasonlítása

A nyújtható fóliás rögzítés előnyei a zsugorfóliával szemben:

- olcsóbb berendezés
- kisebb hely és energiaigény
- hőérzékeny termékek burkolására is alkalmas
- változó magasságú egységcsomagok burkolhatók azonos szélességű fóliával, spirál tekercseléssel.

A nyújtható fólia hátrányai a zsugorfóliával szemben:

- tartós, szabadtéri tárolásra nem alkalmas
- szabálytalan, továbbá a rakodólap felületét nem teljesen kitöltő termékek burkolására nem, vagy kevésbé alkalmas
- a nagyobb belső feszültség miatt ($5 \text{ N/mm}^2 > 2 \text{ N/mm}^2$) nagyobb erővel nyomja a rakományt, s a durva felületű termékek (pl. téglák) szűrő-hasító hatásának kevésbé áll ellen
- gyengébb szilárdságú termékek esetében káros alakváltozást, összeroppanást okozhat.

A zsugorfólia vastagsága $v = 0,1 \sim 0,3 \text{ mm}$,
nyújtható fólia vastagsága $v = 0,025 \sim 0,04 \text{ mm}$ között mozog.

3.4 Alkalmazási példa megoldása zsgorfóliás egységtrakomány rögzítés esetén

A mechanikai elemzés gondolatmenete azonos a pántszalagos rögzítés esetén elmondottakkal. A zsgorfóliát terhelő eredő erő nagysága a 101. sz. ábra alapján:

$$F = 2 R_O = \sum_{i=1}^n m_i \frac{a_0 - \mu \cdot g}{\mu \cos \varphi + \sin \varphi} \quad (N)$$

A terhelt keresztmetszet a rakodólap kerülete és a zsgorfólia vastagságából számítható:

$$A = K \cdot V \quad (\text{mm}^2)$$

Maximális feszültség $\sigma_{\max} = \frac{F}{A}$ alapján meghatározható.

A fenti számítási módszer csak akkor igaz, ha a fóliasapka alsó része a zsgorítás után (vagy előtt) a rakodólaphoz van rögzítve (pl. szegélyléccel) mind a négy oldalon. Ekkor ugyanis a fenti $A = K \cdot V$ keresztmetszet, mint "befalazott" keresztmetszet értelmezhető a zsgorodás után a fólia és a rakodólap között ébredő eredő S súrlódóerő ameddig egyensúlyt tud tartani a külső terhelőerővel (F) addig az A keresztmetszet "befalazottnak" minősül, ellenkező esetben ($S < F$) a fóliasapka lehúzódik a rakományról.

Ez a kritikus helyzet akkor áll elő, amikor a teljes rakomány megcsúszik és az egyensúlyt a raklap és a fólia között ébredő S erőnek kell biztosítania.

Tekintettel arra, hogy a fólia és a rakomány, illetve a raklap felülete között ébredő S súrlódó erő pontos meghatározása eléggé bizonytalan, éppen ezért a biztonság felé térünk el, ha a zsgorfóliát rögzítjük a raklaphoz!

$$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 250 \quad (\text{kg})$$

$$m_i = 1000 \quad (\text{kg})$$

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0,3 \quad (-)$$

$$a_0 = 5 \quad (\text{m/s}^2)$$

$$K = (1200 + 800) \cdot 2 = 4000 \quad (\text{mm}) \quad (\text{szabványos sík raklap})$$

$$n = 1500 \text{ (mm)}$$

$$v = 0,1 \text{ (mm) ... fólia vastagsága}$$

$$\sigma_{SZ} = 110 \sim 190 \text{ (MPa) (polipropilén zsugorfólia)}$$

A fellépő terhelő erő nagyságát a 2.5 fejezetben közölt "b" módszer alapján

$$F = 2 R_E = \sum m_i \sqrt{\frac{a_0 \cdot \mu_i \cdot g}{1 - \left(\frac{h}{E+x}\right)^2 + \frac{h \cdot \mu}{h+x}}}$$

$$F = 1000 \cdot \frac{5 - 0,3 \cdot 9,81}{0,3}$$

$$F = 6856,6 \text{ (N)}$$

$$A = K \cdot v = 4000 \cdot 0,1 = 4000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

A maximális feszültség

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} = \frac{6856,6}{400} = 17,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 17,14 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{SZ} = 110 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \text{ tehát}$$

megfelel!

Táblázatosan közöljük különböző súrlódási tényezők melletti ébredő σ_{\max} értékeket:

$$\mu = 0,4$$

$$\sigma_{\max} = 6,725 \text{ (MPa)}$$

$$\mu = 0,3$$

$$\sigma_{\max} = 17,141 \text{ (MPa)}$$

$$\mu = 0,2$$

$$\sigma_{\max} = 37,975 \text{ (MPa)}$$

$$\mu = 0,1$$

$$\sigma_{\max} = 100,475 \text{ (MPa)} \quad \sigma_{SZ} = 110 \text{ (MPa)}$$

Megjegyzés: a hazai gyártmány esetén - Tiszai Vegyi Kombinát gyártmánya: TVK SZ 2107-78 szabványszámú - melynek a szakítószilárdsága csak $\sigma_{SZ} = 15 \text{ MPa}$ (15 N/mm^2), a fenti terhelés felvételére a zsugorsapka nem alkalmas!

3.5 Alkalmazási példa nyújtható fóliás egységtrakomány rögzítés esetén

A fólia szakadását előidéző erő nagyságának meghatározása hasonló az előzőkhöz. A raklap gyorsulását mérsékelve 5 m/s^2 -ről 4 m/s^2 -re, a tömeg és súrlódási tényezők azonosak, határozzuk meg a fólia vastagságát $n = 1,5$ - es biztonsági tényező mellett. A fólia szakítószilárdsága $\sigma_{SZ} = 15 \text{ MPa}$ értékűre felvéve!

$$F = 2 R_O = 1000 \cdot \frac{4 - 0,3 \cdot 9,81}{0,3} = 3523 \text{ N}$$

$$F = 3523 \text{ (N)}$$

$$\sigma = \frac{n \cdot F}{A}$$

$$A = \frac{n \cdot F}{\sigma} = \frac{1,5 \cdot 3523 \text{ N}}{15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 352 \text{ mm}^2$$

$$A = K \cdot V; V = \frac{A}{K} = \frac{352 \text{ mm}^2}{4000 \text{ mm}} = 0,088 \text{ mm}$$

$$V = 0,088 \text{ mm}$$

Tekintettel arra, hogy a nyújtható fólia vastagsága $v = 0,025 \sim 0,04 \text{ mm}$ között mozog, így kettő rétegű $v = 0,04 \text{ mm}$ vastag fólia nagy biztonsággal megtartja a rakományt.

Megjegyzés: a 101. sz. ábra alapján a gyakorlati számítások során a fóliákban maximum 10 N/mm^2 nagyságú feszültséget engedhetünk meg.

A $\sigma = 10 \text{ N/mm}^2$ feszültséghez kb. 30%-os nyúlás tartozik, $\sigma_{SZ} = 15 \text{ N/mm}^2$ szakítószilárdsághoz pedig 400%-os nyúlás.

A 400%-os nyúlás a rakomány teljes szétcsúszásához vezethet!

Mint láthattuk a fóliában, illetve a pánthoz ébredő erő nagymértékben függ az egyes rakományrétegek között lévő μ súrlódási tényezőtől! A súrlódási tényező értékének a növelésével egyértelműen csökkenteni lehet azonos raklapgyorsulás mellett a rögzítő anyagban ébredő erőket, vagy azonos pántherő (fóliaerő) mellett nagyobb raklapgyorsulásokat engedhetünk meg.

Az egyes rétegek közé nagy súrlódási tényezőjű lapokat vagy csíkokat elhelyezve (pl. gumi) növelni tudjuk a két réteg közötti μ súrlódási tényezőt!

Természetesene ennek gazdasági kihatását is mérlegelni kell.

A gyakorlat számára fontos tanulság, hogy a raklap és a legalsó rakományréteg közötti súrlódási tényezőnek nagyobbak, vagy legalább egyenlőnek kell lennie az egyes rétegek közötti súrlódási tényező értékével, mert ellenkező esetben a teljes rakomány tömeg megcsúszik a kritikus gyorsulás elérése után. Éppen ezért a raklap felületén nem szabad lenni olajszenyveződésnek, vagy más súrlódást csökkentő szennyveződésnek!

Ez természetesen vonatkozik a többi rétegre is.

Az eddigi számítások alapján az 1000 kg tömegű egység-rakomány biztonságos rögzítésére 5 g gyorsulás tartományig a (pántszalag + zsugorfólia) vagy (pántszalag + nyújtható fólia) kombináció látszik.

A műanyagpánt-szalag a fellépő terheléseket aránylag (a zsugorfóliához és a nyújtható fóliához képest) kis nyúlási deformáció mellett képes felvenni, a fólia pedig megakadályozza a rakományrétegen belüli elcsúszásokat (pl. téglá esetén).

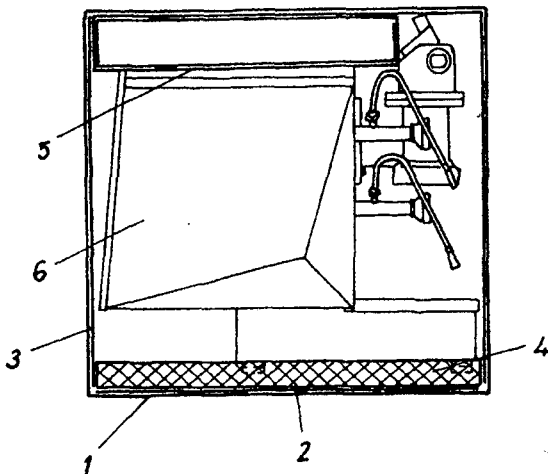
4. A párnázás célja

A párnázás célja, hogy a termékre ható mechanikai igénybevételeket saját energiafelvevő képességével semlegesítse. Az igénybevétel hatására a párnázóanyag összenyomódik, a ráható energia nagy részét felemészti, a maradék energiával pedig visszanyeri eredeti alakját. A termékre csak a párnázóanyag elmozdulása közben fellépő gyorsulázból, ill. lassulásból eredő tömegerő hat. Ez pedig célszerű csomagolástervezéskor mindig kisebb, mint a termék érzékenységi foka. Az érzékenységi fok a termékre még megengedhető nagyságú gyorsulás, ill. lassulás és a gravitációs gyorsulás viszonzyszáma, az ún. G' érték.

A párnázás megoldható:

- kitöltéssel
- adott pontokon való mozgácsillapítással
- párnázó csomagolóeszközök alkalmazásával

Kitöltéskor a csomagolóeszköz falai és a termék közötti üres teret a párnázóanyag foglalja el. Sík felületű termékeknél ez egyszerűen megoldható hullámpapír vagy hullámpapírlemez lapokkal, hullámpapírlemez légpárnákkal, műanyag hablapokkal (107. sz. ábra).



107. ábra

Tagolt felületű árudarabokhoz csak jól idomuló párnázóanyagok felelnek meg, mint például a fa- és papírgyapot, csomagolós habba habosítható poliuretán, ömleszthető műanyag elemek.

Áthidaló megoldást jelentenek az ún. kitöltő idomok. Belső felületük kimetszéssel vagy szerszámban való formázással pontosan illeszkedik a termékhez, külső felületük pedig a csomagolóeszközhöz. Anyaguk poliuretán, ill. polisztirol hab.

Adott pontokon való párnázási anyagtakarékosági okokból, ill. akkor választanak, ha a termék egyes részei anynyira érzékenyek, hogy még a párnázóanyaggal sem célszerű érintkezniök. A szokásos változatok az acél- és gumirugó, a hullámpapírtekerccs, a hullámpapírlemez, műanyagból vagy állati szőrből készített tömb.

A párnázó csomagolóeszközöket szinte kizárólag polisztirolból gyártják. Többnyire két félrészből állnak. Belső ki-képzésük pontosan követi a termék alakját. Műszerekhez, üveg- és porcelánkészletekhez, érzékeny kisgépekhez terjedtek el.

A hagyományos párnázókat - az acél- és gumirugó kivételével - tapasztalati úton alakítják ki. Az egyik szokásos módszer a párnázóanyag megengedhető alakváltozására épül. Méretezési eljárásokat csak a műanyag habokhoz fejlesztettek ki. Feltételezve, hogy a hab, a mértékadó igénybevételnek számító ejtéskor, a fellépő teljes energiát semlegesíti:

$$m \cdot g (h + d) = F_{\max} \frac{d}{2},$$

ahol

- m - a termék tömege (kg)
 h - ejtési magasság (m)
 d - a párnázóanyag összenyomódása (m)
 F_{\max} - a fellépő maximális erőhatás (N)

Az egyenletet átrendezve és "d"-re megoldva:

$$d = \frac{2 h}{\frac{F_{\max}}{mg} - 2}$$

Ha a párnázóanyag alakváltozásának mértéke megfelelő, az F_{\max}/mg hányados éppen a termék érzékenységi fokával (G') egyenlő. Így:

$$d = \frac{2 h}{G' - 2}$$

Az alakváltozásból a párnázóanyag vastagsága (v) az elaszticitási tényező (E_p) segítségével számítható, figyelembe véve a termék felfekvési felületének nagyságát (A) is.

$$E_p = \frac{p}{\epsilon} \text{ (N/m}^2\text{)},$$

ahol

$$\begin{aligned}
 p & \text{ - fajlagos nyomás (N/m}^2\text{)}, \\
 \epsilon & \text{ - deformációs tényező.}
 \end{aligned}$$

Mivel

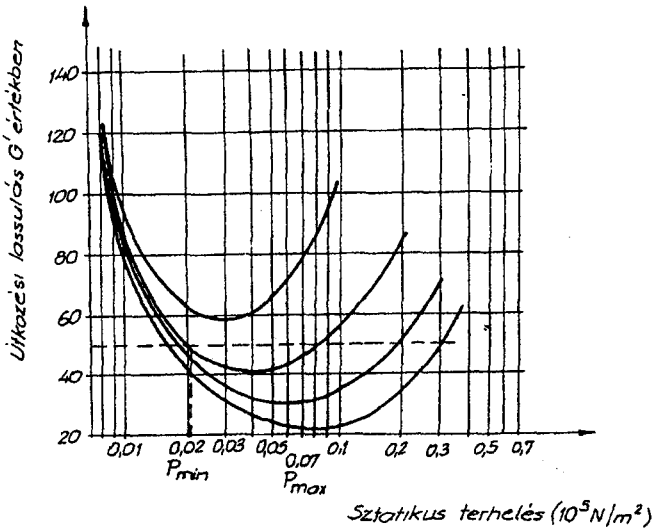
$$\epsilon = \frac{d}{v}$$

és

$$p = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{mg G'}{A}$$

$$v = \frac{E_p \cdot A \cdot d}{mg \cdot G'} = \frac{2 h E_p A}{mg G' (G' - 2)} \text{ (m)}$$

A vastagság a termék érzékenysége, a párnázás módja és a mértékadó igénybevétel ismeretében tehát egyszerűen számítható. A képlet hátránya azonban, hogy csak akkor alkalmazható, ha az elaszticitási tényező a fajlagos nyomástól függetlenül közel állandó.



108. ábra

Az ejtési magasság és az érzékenységi fok (lásd 14. táblázat) ismeretében a diagramban húzott vízszintes vonal, az érzékenységi fokkal egyező csillapítási értéknél, metszi a vastagságot jelző görbéket. Minden vastagság megfelel, amely a metszéspontot a vízszintes koordinátatengelyre levetítve, kisebb értéket ad, mint P_{\max} .

Az F_{\max} abból a megfontolásból határozható meg, hogy ha túl nagy a fajlagos terhelés a párnázóanyag egyenletes összenyomódás helyett kihajlik. Kerstner képlete szerint ez akkor kerülhető el, ha

$$A_{\min} = 1,33 v^2.$$

Mivel

$$A_{\min} = \frac{mg}{p_{\max}}$$

megfelelő a párnázóanyag vastagsága, amennyiben

$$p_{\max} \leq \frac{mg}{1,33 v^2}$$

A másik határérték a p_{\min} a termék lehetséges legnagyobb felfekvési felületéből adódik, mivel

Különféle árukra megengedhető igénybevétel
G'-értékben

Termékcsoport	Megengedhető igénybe- vétel határértéke G'-értékben
Rendkívül érzékeny áruk	
- pontosan beállított töré- keny műszerek	
- különleges kényes műszaki űvegáruk	15-25
Fokozottan érzékeny áruk	
- elektronikus készülékek	25-40
Érzékeny áruk	
- elektromos irodagépek	
- kényes motoralkatrészek	40-60
Mérsékelt érzékeny áruk	
- rádió és televízió vevő- készülék	60-85
- háztartási gépek	85-115
- kevésbé kényes gépek	115-130
Érzéketlen áruk	
- gépek	
- transzformátor	130-250

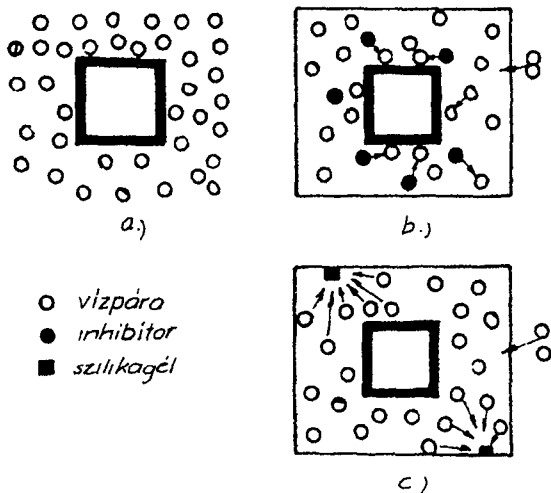
$$p_{\min} = \frac{mg}{A_{\max}}$$

Anyagtakarékossági okokból mindig olyan megoldást célszerű választani, ahol a fajlagos terhelés inkább p_{\max} , mint p_{\min} közelébe esik.

5. A korrózió elleni védelem

A környezeti klimatikus igénybevételekre érzékeny termékek előkészítésének fontos része. Célja a fémtiszta felületek megóvása az atmoszferikus hatásoktól. A felület előkészítését (pl. szennyeződések, kéznyomok eltávolítása) követő konzerválásnak három fő változata alakult ki:

- a nedvesség távoltartása bevonattal vagy burkolattal (109. a ábra)
- a csomagolás belső terében korróziót gátló viszonyok kialakítása inhibitorokkal (109. b ábra)
- a csomagolás belső terének passzivitása páralekötő anyaggal (109. c ábra)



109. ábra

A bevonat és burkolat feladata az atmoszferikus korróziót kiváltó nedvesség távoltartása a fémfelülettől.

Bevonatként legelterjedtebbek az ásványolaj alapú zsírok és olajok. Mérsékelt klímazónában, rövidebb időtartamra, megfelel az olaj is. Hosszabb tároláskor azonban már zsírra van szükség. Trópusi szállításhoz kizárólag magas cseppenéspontú (70 °C fele-t) zsírt kell választani. A védőréteg megfolyásának, elvékonyodásának, s így a páraáteresztés növekedésének elkerülésére ugyanis a zsír cseppenéspontjának legalább 5-10 °C-kal kell meghaladnia a csomagolás belső terében várható legmagasabb hőmérsékletet.

A felvitel - a felület nagyságától, a termék és a bevonóanyag jellemzőitől függően - ecseteléssel, bemártással, hideg- vagy melegszórással végezhető.

Ha járulékosan a kisebb mechanikai hatások (pl. karcolás) elleni védelmet is meg kell oldani, a lefejtető bevonatok jöhetnek számításba. Az oldószeres műanyag lakkot többnyire ecseteléssel, a vastagabb bevonatot adó ugyancsak műanyag alapú masszát felmelegítve bemártással viszik fel a termékre (pl. fúró vagy maró szerszámfejek, polírozott tengelyek).

A burkolatot felületileg vagy anyagában kezelt papírból (paraffinozott, gépcsomagoló, műanyag bevonatú, ITA papír), ill. párazáró műanyag fóliából (polietilén) alakítják ki. Mindegyik anyagból lehet előre gyártott vagy a csomagolás során hajtogatott burkolatot készíteni. A szélek felbomlás és a pára behatolás ellen - az anyagfajtától és technológiától függően - visszahajtással, zsinegkötéssel, tapadószalaggal, hegesztéssel zárhatók.

Mindkét védelmi eljárásnál meglehetősen korlátozott a párazárás, ugyanakkor sok a bizonytalansági tényező. Ezért a gyakorlatban többnyire együtt alkalmazzák, a bevont fémfelületeket még burkolattal is ellátják.

A passzíváláshoz a gőzfázisú inhibitorok terjedtek el. A kristályos szerkezetű nitrít vegyületek elgőzölögve kitöltik a csomagolás belső terét és a behatoló, majd lecsapódó vízgőzben oldódva gátolják a korróziós folyamat megindulását. Működési mechanizmusukból következik, hogy védőhatásuk tartós megmaradásához meg kell akadályozni a légcserét és nagyobb mennyiségű nedvesség behatolását, amely lemoshatja a felületi vízhártyába oldódott inhibitor. Erre egyaránt megfelel a csomagolóeszköz bélelése, vagy a termék burkolása víztaszító papírral, műanyag fóliával.

Az inhibitor a csomagolóeszközbe mind kristályos por alakjában, mind vízben oldva a burkoló (bélelő) papírra felhordva vagy a járulékos védelmet adó zsírba, ill. olajba elkeverve bejuttatható. A lényeg, hogy távolsága a védendő fémfelülettől ne legyen több, mint 30-40 cm. Fontos még annak figyelembevétele is, hogy az inhibitorok vegyileg aktívak, ezért az acélt kivéve csak előzetes kísérletek után használhatók fel.

A páralekötő anyagok hatásosságának alapja, hogy 30-40% relatív páratartalom alatt a korróziós folyamat megáll, de legalábbis rendkívül lelassul. Ezért ha a csomagolás belső terében a levegőt kellően kiszárítják és újabb pára behatolását béleléssel (burkolással) gátolják, a korrózió megbízhatóan elkerülhető. A szárításhoz a nedvességet vegyileg lekötő anyagot választanak, hogy magasabb légköri hőmérsékleten se következék be visszapárolgás. Ilyen jellegű anyag például a szilikagél és az aktív bauxit, amelyek saját tömegük 25-33%-ával azonos mennyiségű párat tudnak vegyileg megkötni. A burkolatot (bélelést) általános célokra 0,06-0,15 mm vastag polietilén fóliából készítik. Különösen értékes termékeknél vagy hosszú (6-12 hónap) feletti védelem igényekor többretegű szórt műanyag burkolatra, ill. kombinációra (pl. műanyag-alumíniumfólia) van szükség.

A páralekötő anyag szükséges mennyisége több tényező függvénye, viszonylag pontos meghatározása is meglehetősen nehézkes. Többnyire tapasztalati képleteket alkalmaznak, figyelembe véve a várható környezeti klímaviszonyokat, a burkolat páraáteresztését és a megkívánt védelmi időtartamot

A nagyobb pontosságra törekvő képletek még a csomagolásba - kialakításakor - bezárt nedvesség mennyiségét is számítá-
ba veszik.

Az angol képlet szerint:

$$m = 80 \cdot k \cdot f \cdot i \cdot p + m_1 / 2 \text{ (kg)}$$

ahol

- m - a páralekötő anyag szükséges mennyisége (kg)
- k - klímátényező (trópusi szállításnál $k=1$, mérsékelt klímazónában $k=1/6$)
- f - a párazáró burkolat felülete (m^2)
- i - védelmi idő (hónap)
- p - a burkolat páraáteresztése ($10^{-3} \text{ kg}(m^2 \cdot 24 \text{ h})$)
- m_1 - a párazáró burkolatban levő párnázóanyag tömege (kg)

Determann képlete:

$$m = 0,004 \cdot f \cdot n \cdot p$$

ahol

- n - a védelmi idő (nap)

Hanousek képlete szerint:

$$m = \frac{1}{10 \cdot H} \cdot m_1 \cdot (N_0 - N_1) + V (v_0 - v_1) + 30 \cdot f \cdot p \cdot i$$

ahol

- H - a páralekötő anyag hatékonysága (0,1 kg anyag ál-
tal lekötött víz mennyisége 10^{-3} kg -ban)
- N_0 - 1 kg párnázóanyagban levő kezdeti nedvesség
(10^{-3} kg)
- N_1 - a párazáró burkolatban levő levegő (m^3)
- v_0 - 1 m^3 levegőben levő kezdeti nedvesség (10^{-3} kg)
- v_1 - 1 m^3 levegőben levő egyensúlyi nedvesség (10^{-3} kg)

IRODALOM

- Somogyi Róbert: Csomagolástechnika Tankönyvkiadó, Bp. 1976.
- Ottó Rockstroh: Csomagolástechnikai kézikönyv Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1979.
- Dr. Felföldi László: Anyagmozgatási folyamatok Tankönyvkiadó, Bp. 1974.
- Dr. Felföldi László: Szállítástechnika Tankönyvkiadó, Bp. 1972.
- Valentin-Pánczél: Anyagmozgatás, Raktározás I. Tankönyvkiadó, Bp. 1980.

Megjelent a Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó Zrt. műszaki gondozásában

www.ntk.hu
Vevőszolgálat: info@ntk.hu
Telefon: 06 80-200-788

A jegyzet tartalmáért a szerzők felelnek
Raktári szám: J 19-607
Műszaki igazgató: Babicsné Vasvári Etelka
Műszaki szerkesztő: Szabóné Szetey Ildikó
Utánnomásra előkészítette: Laki Péter
A tizedik kiadás változatlan utánnomása, 2014
Terjedelem: 15 (A/5) ív