



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
GÉPJÁRMŰVEK ÉS JÁRMŰGYÁRTÁS TANSZÉK

ALUMÍNIUM SAJTOLÁS A JÁRMŰGYÁRTÁSBAN

(2013/14. I. FÉLÉV)

TDK dolgozat

KÉSZÍTETTE:

SIMON ISTVÁN (OP7R7B)

SZAK, SZAKIRÁNY:

MSc JÁRMŰMÉRNÖK, JÁRMŰGYÁRTÁS ÉS JAVÍTÁS SZAKIRÁNY

KÜLSŐ KONZULENS :

KOVÁCS ZSOLT (SAPA PROFILES KFT)

BELSŐ KONZULENS:

DR. DÖMÖTÖR FERENC

BUDAPEST, 2013.11.04

Tartalomjegyzék

1	Bevezető	4
1.1	A feladat részletezése	4
1.2	A Cég bemutatása	4
2	Irodalmi áttekintés	5
2.1	Az alumínium és jellemzői	5
2.2	Az alumínium előfordulása	5
2.3	Az alumínium előállítása	5
2.4	Az alumínium ötvözetei	6
2.4.1	Ötvözők hatása az alumíniumra	6
2.4.2	Alumínium ötvözetrendszerek	7
2.5	A sajtolásról általában	10
2.5.1	Kisajtolási módszerek	11
2.5.2	Sajtolás és kikészítés	12
2.5.3	Alapfogalmak	14
2.6	Az alumínium hőkezelése	17
2.6.1	Edzés	18
2.6.2	Öregítés	21
2.6.3	Egyes tényezők hatása a kiválai folyamatokra	23
2.7	Közlekedési eszközök	24
2.8	Crashbox	28
2.9	ISO/TS [14]	29
2.9.1	Az ISO/TS Alkalmazási területei	30
3	A sajtolás gyakorlati megvalósítása	31
3.1	Szerszámüzem	32
3.2	„Elhaus” - előhevítő kemence	33
3.3	„Junker”-indukciós kemence	35
3.4	Melegvágó olló	36
3.5	A Prés	36
3.6	A vállalatnál található prések összefoglalása	37
3.6.1	Recípiens	39

3.6.2	- Maximális sajtolási nyomás	40
3.7	- Kilépőszál hőmérséklet.....	40
3.8	Hűtő berendezések	41
3.8.1	Léghűtés.....	43
3.8.2	Vízpermetes hűtés	44
3.8.3	Vízágy	45
3.9	Szálkihúzó berendezés	46
3.9.1	Nyújtógép	46
3.10	Hevederes továbbító asztal	47
3.11	Készrevágó fűrész.....	47
3.12	Hőkezelő kemence.....	47
3.13	A Csomagoló.....	48
3.14	Járműiparban alkalmazott profilok vizsgálatai.....	49
3.14.1	Makrovizsgálat	49
4	A probléma részletes megoldása	55
4.1	Első lépések	56
4.1.1	Laborvizsgálatok 1	58
4.2	Szerszámmódosítás	59
4.2.1	Laborvizsgálatok 2	60
4.3	Harmadik Próbasajtolás az 1-es présen	62
4.3.1	Laborvizsgálatok 3	63
4.4	További irányelvek.....	64
5	Összefoglalás.....	65
6	Summary	66
7	Irodalomjegyzék.....	67

1 Bevezető

1.1 A feladat részletezése

Feladatként az üzem szakembereinek útmutatásával egy, a Sapa Profiles Kft által gyártott ütközéscsillapító, ún. crashbox alkatrész vevői problémáinak vizsgálatát választottam. A vevő az ütközési energiát elnyelő, korábban alkalmazott ötvözetek helyett, hagyományos alumíniumból szeretné legyártatni az alkatrészt. A dolgozat az itt felmerülő gyártási, anyagszerkezeti és termékminőségi problémákkal foglalkozik.

1.2 A Cég bemutatása

Az alumínium feldolgozó vállalat első gyára 1963-ban alakult Vetlandában, Svédországban. Az azóta eltelt évtizedek alatt a cég piacvezető szerepre tett szert az alumínium profilok gyártásában. Európában közel 20%-os piaci részesedéssel rendelkezik, ami az amerikai piacon meghaladja a 30%-ot. A termékek szintén 30%-a az autóiparban talál gazdára.

A Sapa tevékenysége a tervezéstől a gyártásig minden műveletet magába foglal. A vállalat jelen van Európában, Észak-Amerikában és Ázsiában. Üzleti koncepciója, hogy nagyon szoros kapcsolatot tartson fenn vevőivel és beszállítóival egyaránt. Valamint olyan leleményes és kreatív dolgozókat alkalmazzon, akik lehetővé teszik a vállalat számára a magas hozzáadott értékű termékek előállítását. Így, tulajdonképpen nem csak termékeket, hanem komplett megoldásokat kínál fel partnerei számára. A vállalat fő üzletágai a sajtoló termékek, hőcserélők gyártása, és az építőipari rendszerek előállítása. Főbb termékei közé tartoznak a sajtoló rudak, csövek, 80 g-24 kg folyóméter súlyig. Az autóiparba szerkezeti elemeket, törésálló profilokat, motor felfüggesztéseket, csomagtér fedeleket szállít a cég.

A Sapa-nak világszerte huszonhat országban van kereskedelmi irodája. Tizenhárom országban működik termelő vállalata, összesen tizennyolc országban, száztizenegy présen, tizenhárom ezer főt foglalkoztat.

A 2007 szeptemberében bejegyzett Sapa Profiles Kft.-ben a Sapa 54%-os tulajdonrészrel rendelkezett, míg az Alcoa 46%-ot birtokolt.

A korábbi Alumíniumipari Tröszt Kőfém Prémű üzeme, később az ALCOA-Kőfém prémű gyáregysége a jelen tulajdonossal kötött megállapodása szerint 2009. április 1-től tartozik a Sapa Groupot is birtokló norvég Orklá-hoz.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 Az alumínium és jellemzői

Az alumínium a Periódusos rendszer III. Főcsoportjába tartozó könnyűfém. Rendszáma 13, vegyjele Al. Az alumíniumot és az ötvözeteit az iparban nagy mennyiségben alkalmazzák a kis sűrűségük és a kedvező mechanikai sajátságaik miatt. Az alumínium puha, vágható, ezüstfehér, porrá törve szürke könnyűfém. A levegő oxigénjével gyorsan reagál, és a felületét védő alumínium-oxid (Al_2O_3) miatt passzív: a tömény savak nem támadják meg. Amfoter jellegű, ebből következik, hogy lúgok (nátrium-hidroxid, kálium-hidroxid) és híg savak (sósav, citromsav, kénsav) oldják alumínátok, illetve alumínium-sók képződése közben. Ha eltávolítjuk az oxidréteget, reagál vízzel; ekkor alumínium-hidroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) keletkezik és hidrogéngáz szabadul fel. Az alumíniumtermékeken a védő oxidréteget mesterségesen vastagítják (eloxálás).

Fizikai tulajdonságai:

sűrűsége: 2700 kg/m^3 ,

olvadáspontja: $660 \text{ }^\circ\text{C}$,

forráspontja: $2519 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kristályrácsa lapközepes köbös. Nem mágnesezhető. Szakítószilárdsága kicsi[1][2][3].

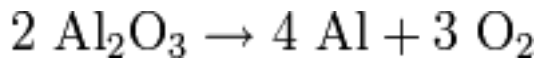
2.2 Az alumínium előfordulása

Az alumínium az oxigén és a szilícium után a földkéreg harmadik leggyakoribb eleme. Nagy kémiai reakcióképessége miatt elemi állapotában nem fordul elő. Fontos összetevője az agyagásványoknak, a bauxitnak, a csillámoknak és számos kőzetalkotó ásványnak, az úgynevezett alumínium-szilikátoknak[1][2][3].

2.3 Az alumínium előállítása

Ma az alumíniumgyártás nyersanyaga a bauxit. A bauxitot először a Bayer eljárással timfölddé alakítják, tehát az alumínium-oxidot nagy hőmérsékleten, NaOH oldattal oldják ki. A keletkezett alumínátlúgot ülepitéssel és szűréssel szétválasztják a fel nem oldott nagy vastartalmú maradéktól, a vörösiszaptól. Az oldatból hígítással és hűtéssel választják ki az alumínium-hidroxidot. Ezt szűrik, majd csökemencében víztelenítik (kalcinálják), aminek eredményeként alumínium-oxid képződik. Ezután a

Hall- Heroult eljárással a timföldhöz kriolitot kevernek, hogy csökkentsék olvadáspontját, majd hevítik és elektrolízissel alumíniummá redukálják:



Negatív elektródként grafittal vagy tiszta szénrel bélelt acél kádakat használnak, és az olvadékba felülről merítik a pozitív pólust, ami szintén szén vagy grafit. Az a pozitív elektródon fejlődő oxigén szén-dioxiddá és (mérgező) szén-monoxiddá oxidálja a szén- vagy grafit elektródot, amit ezért időnként cserélni vagy pótolni kell. Az alumínium a kád alján gyűlik össze[1][2][3].

2.4 Az alumínium ötvözetek

2.4.1 Ötvözők hatása az alumíniumra

Az alumínium főbb ötvözőelemei a következők:

Cu: Jelentősen növeli a szilárdságot, szívósságot, keménységet, alakíthatóságot, nemesíthetőséget, azáltal, hogy θ fázis (Al_2Cu) precipitálódik, más szóval kicsapódik az öregítés folyamán.

Mg: Növeli a szilárdságot, szívósságot, alakíthatóságot, keménységet, de szilíciummal lehetővé teszi az ötvözet nemesítését a Mg_2Si vegyület alakulásával.

Si: Csökkenti az alumínium hőtágulását, növeli a kopásállóságát, az olvadék híg folyósságát, a szilárdságot, keménységet, rezgés és nyomásállóságát, dinamikai és fárasztó igénybevételi ellenállást, önthetőséget, hegeszthetőséget, korrózióállóságát.

Fe: Növeli az alumínium szilárdságát, hőállóságát és villamos ellenállását.

Mn: Növeli az alumínium szilárdságát és a mélyhúzóhatóságot.

Cr: Csökkenti a repedési hajlamot.

Zn: Növeli a repedési hajlamot, javítja az alumínium megmunkálhatóságát.

Ti: Jelentős szemcsefinomító hatása van.

Természetesen az ötvözők együttesen erősíthetik, vagy gyengíthetik a fém tulajdonságaira kifejtett hatásaikat[7].

2.4.2 Alumínium ötvözetrendszerek

A féglyártmányok előállítására használatos Al-ötvözetek igen széles összetétel-tartományt képviselnek. Az anyagminőségek kiválasztását a féglyártmányok rendeltetése, a velük szemben támasztott követelmények (mechanikai, technológiai, fizikai tulajdonságok) határozzák meg. Ezeket az ötvözeteket összetételének és gyártástechnológiájának kiválasztásával lehet kielégíteni, de ezen belül az összetétel (ötvözet típus) az elsődleges. Az ötvözetek rendszerezésére az AA (Alumínium Assotiation) számjelzésű rendszert használjuk [7].

Ötvözetlen Alumínium (1XXX)

Műszaki értelemben tisztának vett alumínium, egyébként (0...0,6%) Fe-t, (0...0,6%)Si, valamint kis mennyiségben egyéb szennyezőt tartalmaz. Kohók által előállított fém, mélyhúzzható lemez, fólia, edény, csomagolóipari alapanyag, villamos vezetőhuzal készíthető belőle.

AlCu ötvözetek (2XXX)

Változatos összetételű, közepes és nagy szilárdságú nemesíthető ötvözetek. Fő ötvözőjük a Cu (2,5...5,8%), de mellette tartalmazhatnak még Mg-t (0,4...2,5%), Mn-et (0,3...1%), Fe-t(0,2...1,3%), Si-t (0,2...1,2%) valamint Ni-t(1,0...2,0%). Fontosságuk és elterjedésük miatt ki kell emelni a durálokat, amelyekkel elég nagy szilárdsági értékek ($R_m=400...450$ MPa, $R_{p0,2}=290...430$ MPa) érhetőek el elfogadható gyárthatóság mellett. A nagy szilárdságuk mellett jó a hőállóságuk. Ez megszabja felhasználási területeit, amely általában repülőgépgyártással és űrrepüléssel kapcsolatos.

AlMn ötvözetek (3XXX)

Ezek nemesíthető ötvözetek, melyeknél az ötvözetlen alumíniumhoz képest Az 50...60%-os MPa szilárdságnövekedést körülbelül 1% Mn beötvözésével érik el. Edényeket, konzervdobozokat készítenek belőle.

AlSi ötvözetek (4XXX)

Ebbe az ötvözőcsoportba tartozó ötvözetek 5...17% Si-t tartalmaznak, egyéb ötvözők, elsősorban Cu, Ni és Mg mellett. A csoportból, fontosságuknál fogva különösen kiemelkedik az eutektikus AlSi12 (4032) ötvözet*, amely a kovácsolt dugattyúk alapanyaga. Kicsi a hőtágulási együtthatója, jó a kopásállósága és nemesített állapotban 380 MPa a szilárdsága. A kisebb Si- tartalmú

ötvözetek jól alakíthatók, tehát hegesztőhuzal, forrasztólemez állítható elő belőlük. Ezek az ötvözetek 9...11% Si-t tartalmaznak 1...2% Mg-ot (4004), amelyhez esetleg Bi-t adalékolnak (4104) vagy újabban Mg- mentesen Bi, Ba, Sb, Sr adalékkal készülnek.

AlMg ötvözetek (5XXX)

0,5...7,0% Mg-t tartalmazó ötvözetek, amelyeknél a szilárdsági értékeket szilárd oldatban lévő Mg biztosítja. Ezek a szilárdsági értékek alakítási keményedéssel tovább növelhetők. Konzerv és edénygyártásban használják, de egyre ritkábban.

AlMgSi ötvözetek (6XXX)

A legnagyobb mennyiségben gyártott nemesíthető Al-ötvözetek, amelyek az egész világon széleskörben elterjedtek. Elsősorban építőipari bonyolult profilok készíthetők belőle.

AlZnMg(Cu) ötvözetek (7XXX)

-Világszerte elterjedtek, két csoportja van:

1. AlZnMg ötvözetek, amelyek 3...5% Zn-et és 0,5...2,5 Mg-t tartalmaznak, jól alakíthatók, közepes (300...450 MPa) a szilárdságuk, hegeszthetők és hegesztés után önnemesedők.
2. AlZnMgCu típusú ötvözetek, nagyobb Zn-tartalommal (8,5%-ig), nagyobb Mg-vel (3,8%-ig) és Cu-val (3%-ig) azok, amelyekből a legnagyobb szilárdságú 500...700 MPa termékek állíthatóak elő.

Egyébb alumíniumötvözetek (8XXX)

Ide tartoznak az olyan alumíniumötvözetek, amelyek nem illeszthetők be az AA rendszer 1000-7000 ötvözetei közé. AlLi ötvözetek kifejlesztését a repülőgépipar igényelte, ugyanis amellet, hogy ezzel az ötvözetcsoporttal viszonylag nagy szilárdsági értékek ($R_m = 600$ MPa, $R_{p0,2} = 540$ MPa), jó hőállóság és nagy rugalmassági modulusz érhető el, 1% Li beötvözésével az ötvözet sűrűsége 3%-al csökken. Automata ötvözetek, jól forgácsolhatóak [7].

Edzhető		Nem edzhető	
		1XXX	(Al)
2XXX	(Al/Cu)		
		3XXX	(Al/Mn)
		5XXX	(Al/Mg)
6XXX	(Al/Mg/Si)		
7XXX	(Al/Zn/Mg)		
8XXX	(Al/Vált.össz)		

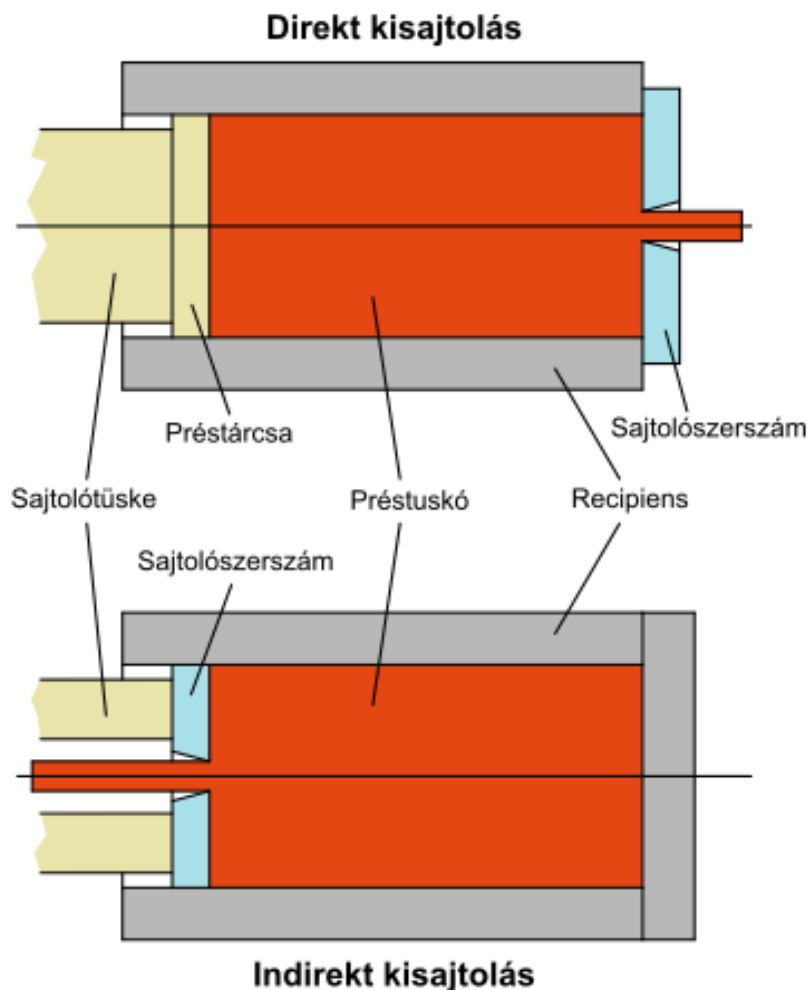
2.1. ábra Edzhető és nem edzhető alumínium ötvözetek [17]

A 2.1. ábrán pirossal az edzhető, zölddel pedig a nem edzhető ötvözetek láthatóak az előbbieken felsorolt AA (Alumínium Assotiation) rendszerben [17].

2.5 A sajtolásról általában

A sajtolási eljárás lényege, hogy a hevített, sajtolandó darabot melegített, vastagfalú csőbe (recípiensbe) rakják. A recípiens egyik végét a megkívánt profilú nyílást tartalmazó szerszámmal lezárják. Másik végébe hidraulikával illeszkedő sajtoló tuskét nyomnak. A túske nyomásának hatására a darab igen nagy alakváltozással a szerszám nyílásán kifolyva a megkívánt alakú rudat, vagy profilt hozza létre [25].

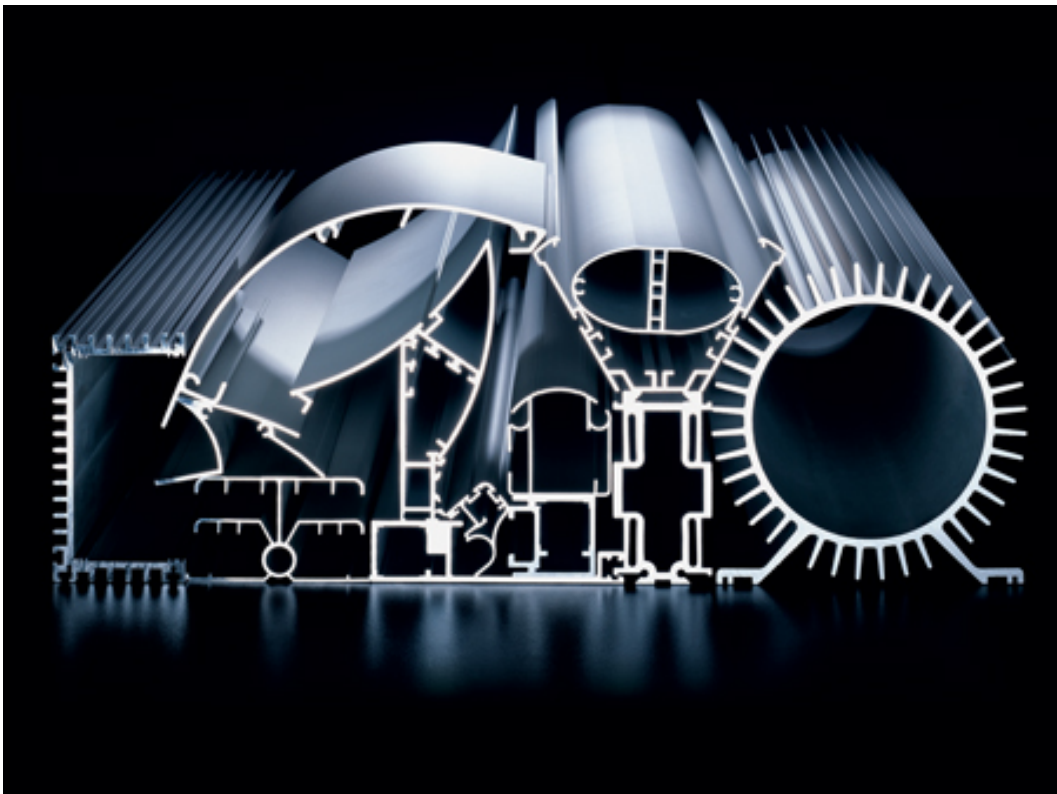
Mivel az alumínium megalakítási hőmérséklete átfedi a nemesíthető ötvözetek oldó hőkezelésének hőmérsékletét, a folyamat úgy irányítható, hogy a sajtolás egyben oldó hőkezelést is jelent. A kisajtoló darab gyors hűtésével megvalósítható a befagyasztás (lásd 2.6 fejezet) amit természetes, vagy mesterséges öregítés követhet. Így nemesíthető alumínium ötvözetekből közvetlenül nemesített állapotú csövek, rúdák és profilok sajtolhatók. A sajtolás megvalósítását a 2.2. ábra szemlélteti. [25].



2.2. ábra. Direkt és indirekt sajtolás[5]

2.5.1 Kisajtolási módszerek

A kisajtolás célja különböző alakú rudak (idomok, profilok), csövek és kábelköpenyek előállítása (2.3.ábra). Munkamódszer szerint megkülönböztetünk: direkt kisajtolást és indirekt kisajtolást, ahogy az a 2.2.ábrán is látható. Direkt kisajtoláskor a sajtolótüske mozgásiránya megegyezik a termék kifolyási irányával. Indirekt kisajtoláskor ez az irány ellentétes. Kisajtolással minden képlékenyen alakítható fém, fémötvözet feldogozható. A kiinduló anyag általában kör szelvényű öntött tuskó. Direkt kisajtoláskor a préstuskót az alakítási folyamat során végigtolják a recipiensben, aminek következtében a két felület között komoly súrlódóerő lép fel, ami az alakító gép nyomóerejét terheli – a hasznosítható alakítóerő rovására. A súrlódás csökkentése érdekében a tuskó felületét kenni kell (de a súrlódóerőt küszöböli ki az indirekt kisajtolás is). A kisajtolást általában fekvő helyzetű hidraulikus sajttal végzik, de álló mechanikus sajttal is elvégezhető [5].

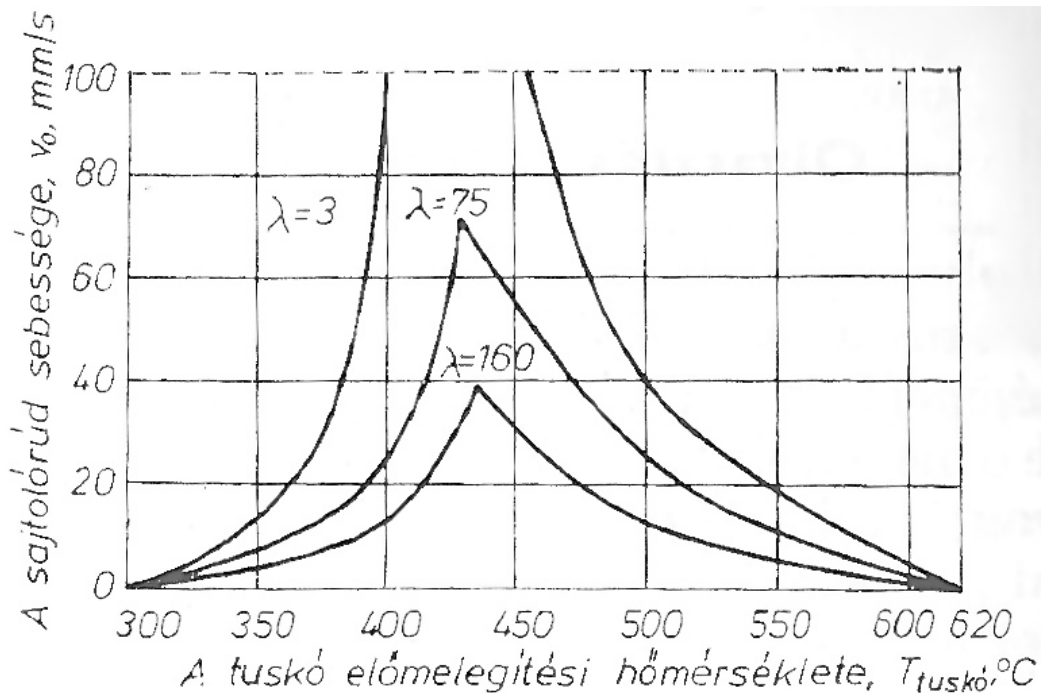


2.3.ábra Néhány sajtoló profil [6]

Az alumínium félgyártmányok gyártására az egyik legjelentősebb és legelterjedtebb képlékeny alakítási eljárás a sajtolás.

2.5.2 Sajtolás és kikészítés

A sajtolás tuskóelőmelegítéssel kezdődik és darabolással fejeződik be. A tuskót elő kell melegíteni. Ezt áthúzó rendszerű indukciós vagy gáztüzelésű kemencében végzik. A tuskók a gáztüzelésű kemencében szálaban, az indukciós kemencében darabolva kerülnek előmelegítésre. Az utóbbi esetben javítható a kihozatal, mert a tuskóhossz összehangolható a sajtolni kívánt mindenkori hosszal és az előírt présmaradékkal. A legnagyobb termelékenységhez és jó termékminőséghez szükséges $T_{\text{tuskó}}$ hőmérséklet és v_0 sajtolási sebesség optimális összhangjának megteremtéséhez jó segítséget nyújtanak a sajtolási határdiagramok (2.4.ábra). Adott λ alakítási tényező esetében a diagramon látható megfelelő háromszögletű területen belül ez az összhang megteremthető. Az optimum helyét a háromszög csúcsa jelzi [7].



2.4.ábra AlMgSi ötvözetű rudak sajtolási határdiagramjai 9MN nyomóerejű sajtolóhoz (λ az alakítási tényező)[7]

A háromszögtől balra a sajtolás nem lehetséges a prés nyomóerejének elégtelensége miatt, tőle jobbra sem, azért mert ebben a mezőben bekövetkezik a termék felszakadozása. A sajtolási hőnek – edzett termékek sajtolása esetén – az ismertett feltételei kibővülnek azzal is, hogy a termék hőmérsékletének a szerszámból való kilépésekor nagyobbak kell lennie az adott ötvözet α -szilárd oldat hőmérsékletén. A

szilárd fémoldat rövidebben szilárd oldat, egy oldat jellegű kristályos fázis. Akkor beszélünk róla, ha két fém mind folyékony, mind szilárd állapotban minden arányban oldódik egymásban, egyéb szövetelem az ötvözeteikben nem jelentkezik. A sajtolás közbeni „hőntartásnak” az oldóhőkezelés véghezviteléhez elégségesnek kell lennie. Ezen idő hossza függ a tuskóban lévő nemesítő fázis méreteitől, és szoros összefüggésben van a sajtolási sebességgel. [7][24].

A sajtolt termékek elcsavarodásának csökkentésére használnak száلكihúzókat, amelyek rögzítik a sajtolt termékek elülső végét és a sajtolási sebességgel azonosan elmozdulva vezetik a szálat. Ha a sajtolás után más alakító vagy külön kemencében végzett hőkezelő műveletek következnek, a sajtolt szálat darabolják (ez nem feltétlenül a készre vágás) [7].

2.5.3 Alapfogalmak

2.5.3.1 Alakítási tényező

Alumíniumötvözetek sajtolásakor általában sokkal nagyobb az alakítás mértéke, mint más képlékenyalakítási eljárásokban, nagyságát nem a relatív alakítás mértékével(2.1)

$$\varepsilon = \frac{A_0 - A_1}{A_1} \quad (2.1)$$

(ahol A_0 a kiinduló, és A_1 az alakított keresztmetszet), hanem az alakítás (megnyúlási) tényezővel szokás jellemezni, amely a következő (2.2) összefüggéssel számítható:

$$\lambda = \frac{A_0}{A_1} = \frac{l_1}{l_0} \quad (2.2)$$

ahol $A_0 = A_R$ a recípiens, azaz a zömített tuskó keresztmetszete

$A_1 =$ a kisajtott termék keresztmetszete vagy többeres sajtolás esetében a kisajtott termékek keresztmetszetének összege

$l_0 =$ a zömített tuskó sajtolás előtti hossza

$l_1 =$ a sajtolott termék hossza. Többeres sajtolás esetében l_1 a sajtolás átlagos hossza

A relatív alakítás és az alakítási tényező közötti (2.3) összefüggés:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{\lambda} \quad (2.3)$$

Az alakítás nagyságát az előbbiek mellett szokás az alakítási tényező természetes logaritmusával is jellemezni(2.4):

$$\varphi = \ln \lambda \quad (2.4)$$

Ennek fő előnye a λ -val szemben - azon túlmenően, hogy additív, nem átlagos mutató, hanem számszerűen megközelíti a tengelyirányú főalakítás értékét. Ezért pl. a sajtolási erőszámításra kidolgozott összefüggések zömükben éppen a logaritmikus tényezőt használják az alakítások mértékének számbavételéhez. Siebel szerint az alakítás egyenlőtlenségét azzal veszik figyelembe, hogy az η -„alakítási hatásfokot” használják (sajtoláskor $\eta=0,6$) és ezáltal az alakítás mértéke az (2.5) egyenlet alapján [7][21]:

$$\varphi = \frac{1}{\eta} \ln \frac{A_R}{A_1} = \frac{1}{0,6} \ln \frac{A_R}{A_1} \quad (2.5)$$

2.5.3.2 A sajtolási sebesség

A jól megválasztott sajtolási sebesség a sajtolási eljárás egyik legfontosabb gazdaságossági tényezője. Ezért növelése, valamint optimális kiválasztása, alapvető feladat. A sajtolási sebesség nagymértékben függ az anyag minőségétől, ezért az alumínium ötvözeteknél az ötvözők minősége és mennyisége jelentősen befolyásolja az alakíthatóságot. Gyakorlati megfontolások alapján, sajtolhatóság szempontjából az ötvözeteket három csoportba osztjuk [21]:

-Jól sajtolható ötvözetek: AlMn, AlMg1, AlMgSi

-Közepesen sajtolható ötvözetek: AlMgSi1, AlMg2, AlMg3, AlZnMg

-Nehezen sajtolható ötvözetek: AlCuMg, AlZnMgCu

Tuskóelőmelegítési hőmérsékletek °C-ban				
Anyagminőség	Sajtoló állapot	Tovább húzásra	Kamrás,spideres szerszámok sajtoló állapot	Kamrás, spideres szerszámok edzett, nemes állapot
Al 99,5	360-440	450-480	430-500	-
AlMg1, AlMn1	400-460	380-420	430-500	-
AlMgSi	360-440	360-380	420-460	480-500
AlMgSi1, AlMg1Si1	360-440	360-380	420-450	520
AlM2, AlMg3	400-480	400-480	-	-
AlZnMgTi	420-460	400-440	-	-
AlCuMg1,AlCu4Mg2	360-420	360-420	-	-
AlMg4, AlMg5	420-480	420-480	-	-
AlZnMgCu	340-400	340-400	-	-

2.1.táblázat Tuskóelőmelegítési hőfokok az anyagminőség függvényében[21]

A recipiens hőmérséklete a tuskóhőmérsékletnél 25...30°C-al alacsonyabb, kivéve a magas hőmérsékletű 480...521°C-os tuskó sajtolás esetén, amikor max. 450°C lehet. A tuskóelőmelegítés értékeit különböző ötvözetekre az 2.1.táblázat tartalmazza[21].

A nehezen sajtolható anyagok alakíthatóságára jellemző, hogy a sajtolási sebesség 1-2 m/min értékre is lecsökken a direkt sajtolási módszer alkalmazása esetén. Az alkalmazható maximális sebességet a kilépő termék felületi hőmérséklete szabja meg. Ha túl nagy sajtolási sebességet alkalmaznak, rendkívül megemelkedik a kilépő szál hőfoka és az eutektikum megolvadásokat, feltapadásokat okoz (gyakorlatilag selejt lesz) [21].

A sajtolási sebesség fogalmát két egymással összefüggő értékkel lehet jellemezni: a prés sajtolórúdjának v_0 sebességével amelyet többnyire mm/s-ban mérnek és a sajtolt termék $v_1 \approx v$ kifolyási sebességével, amelynek mértékegysége általában m/min. A kétféle sebesség között a (2.6) egyenlet értelmében a következő kapcsolat áll fenn [7][21]:

$$v_1 = \frac{v_0 \lambda 60}{1000} \left[\frac{m}{\min} \right] \quad (2.6)$$

2.5.3.3 Alakváltozási sebesség

Az egységnyi idő alatt bekövetkezett alakváltozást nevezik alakváltozási sebességnek, és $\dot{\varphi}$ -vel jelölik, mértékegysége: s^{-1} . Az alakváltozási sebességet nem szabad összetéveszteni az alakítást végző szerszám (a sajtolás esetében sajtolórúd) v_0 mm/s mozgási sebességével. Az alakváltozási sebesség átlagos értéke sajtoláskor a (2.10) egyenlet szerint számítható.

$$\dot{\varphi} = \frac{\ln \lambda}{t} = \frac{\varphi}{t} [s^{-1}] \quad (2.10)$$

ahol t az az időtartam, amely alatt az alakítást szenvedő fém keresztül halad az alakítási tartományon. t kiszámítható, az alakítási tartomány V_{al} mm³ térfogatának és az egységnyi idő alatt kisajtolt fém V_0 mm³/s térfogatának hányadosaként ((2.11) egyenlet) V_0 a (2.12) egyenlet alapján számítható:

$$t = \frac{V_{al}}{V_0} [s] \quad (2.11)$$

ahol

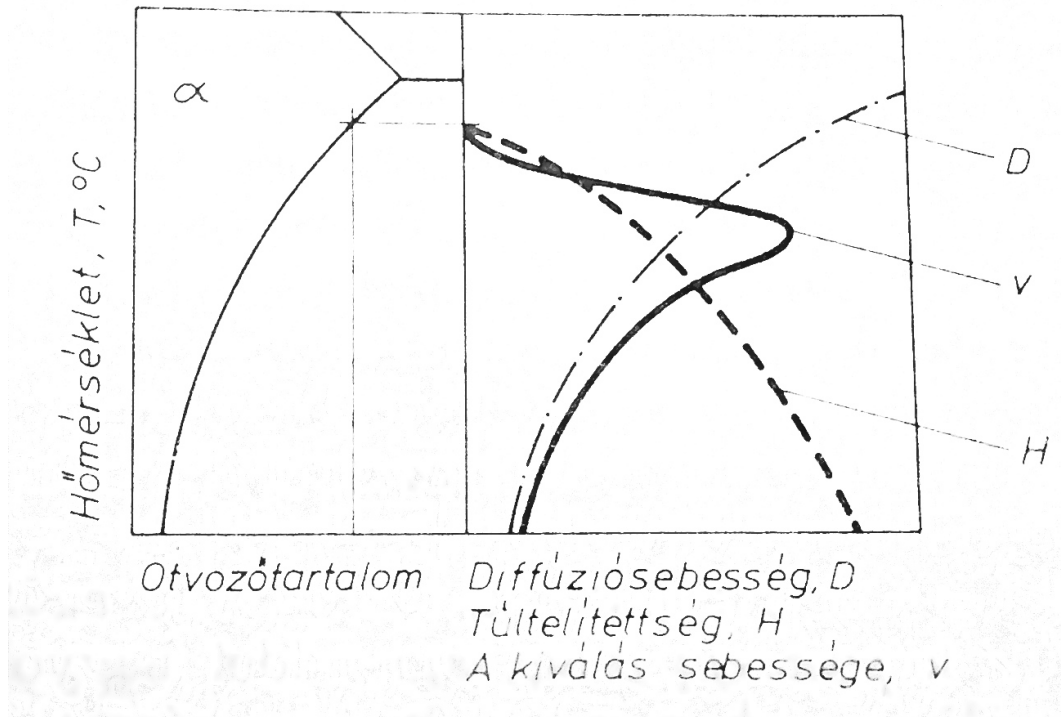
$$V_0 = \frac{D_R^2 \pi}{4} v_0 [mm^3 / s] \quad (2.12)$$

A sajtolás alakváltozási sebességének ismerete szükséges a folyamatot meghatározó alakítási szilárdság értékének helyes kiszámításához [7][21].

2.6 Az alumínium hőkezelése

A hőkezelés olyan eljárások gyűjtőfogalma, amelyek során a fém vagy ötvözet tulajdonságai egy megkívánt irányba változnak meg a szobahőmérsékletnél nagyobb hőmérsékleten. A tulajdonságok megváltozásának az az oka, hogy az anyagban szerkezeti átalakulások átalakulások mennek végbe. Termodinamikai szempontból a hőkezeléseket két csoportba lehet sorolni. Az egyik csoporthoz tartozó hőkezelések során az anyag nem egyensúlyi szerkezete a lejátszódó folyamatok révén közelebb kerül az egyensúlyi állapothoz. Ez a helyzet az anyag homogenizálásakor, lágyításkor, újrakristályosításkor. A hőkezelés szempontjából kiinduló, nem egyensúlyi állapot az anyag öntésekor, meleg vagy hidegalakításakor áll elő, vagy egy előző hőkezelés során jön létre. A hőkezelések másik csoportjában, a stabil állapottól messze eső, metastabil állapot elérése a cél. Ez az állapot legtöbbször egy következő, az első csoporthoz tartozó hőkezelés kiinduló állapota. Ilyen hőkezelés a nemesítés második lépése, az edzés. Mivel a sajtolás utáni hűtés edzésnek felel meg, ezért a dolgozat további részében az öregítés mellett, ez a hőkezelési forma kerül bemutatásra [7].

2.6.1 Edzés



2.5. ábra A D diffúzió sebességének, a H túltelítettségnek és v a kiválás sebességének a hőmérsékletfüggése [7]

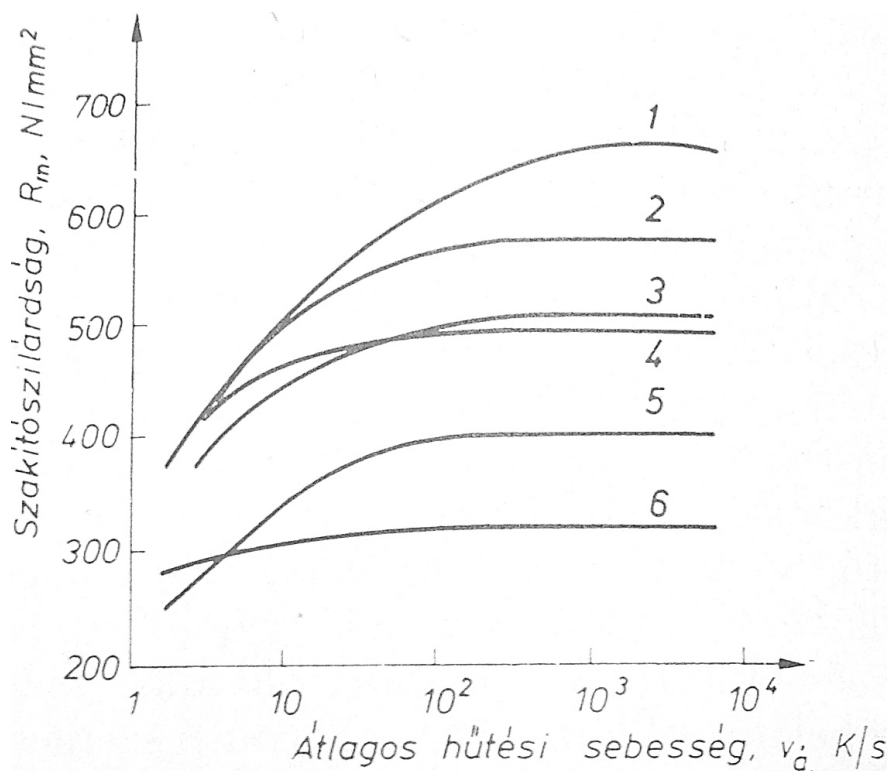
A művelet célja az oldóhőkezeléskor keletkezett, egyensúlyban lévő homogén szilárd oldatot szerkezetváltozás nélkül szobahőmérsékletig megőrizni. A művelet maga gyors, illetve gyorsított hűtésből áll, ezért érthető, hogy szokás befagyasztásnak is nevezni. Könnyen belátható, hogy a sajtolás utáni gyors hűtés ennek a hőkezelésnek felel meg [7].

A befagyasztás akkor sikeres, ha hűlés közben minimális kiválás történik. A kiválásos folyamatok sebessége döntően két tényezőtől függ, a túltelítettség mértékétől és a diffúzió sebességétől. A diffúzió olyan termikus aktiválási folyamat, amely az atomok vándorlását jelenti, hajtóereje pedig a kiinduló-és végállapot közötti energia különbség. A túltelítettség mértéke és a diffúzió sebessége, a hőmérséklettől az 2.5. ábra szerint függ. Mivel a hőmérsékletfüggés ellentétes, a kiválások sebessége maximumos görbe szerint változik. Ez azt jelenti, hogy hűtés közben van egy hőmérséklet-tartomány, amelyben a kiválási folyamat különösen gyors. Ezt kritikus hőmérsékletköznek nevezik. A legtöbb nemesíthető alumíniumötvözetre ez a

hőmérsékleti tartomány 280...400°C. Más szóval jó lesz az edzés, ha ebben az intervallumban a lehető legrövidebb ideig tartózkodik az anyag [7][26].

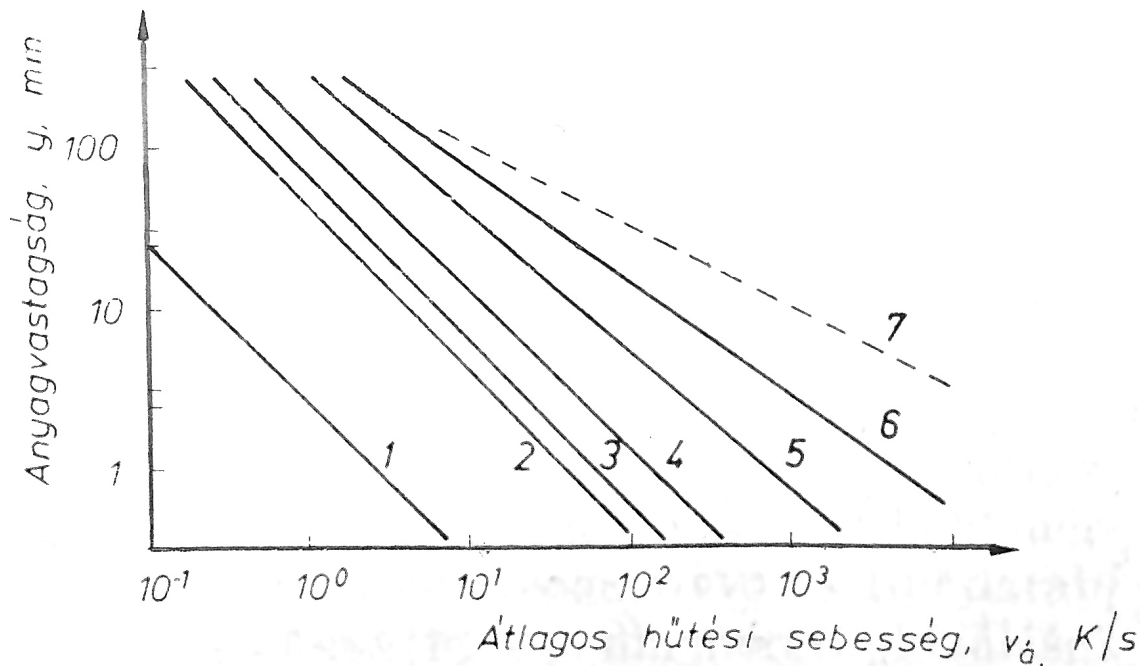
Fentiekből nyilvánvaló, hogy minél kisebb az oldókezelés hőmérsékletéről való hűtés sebessége, annál kisebb lesz a nemesített anyag szilárdsága. A 2.6.ábra összefoglalja, hogy a különböző ötvözetek szakítószilárdsága hogyan függ a 400...280 °C hőmérséklet intervallumban mért átlagos $v_{\dot{a}}$ K/s hűtési sebességtől. Általánosságban elmondható, hogy a nagyobb szilárdságú AlZnMg ötvözetek érzékenyebbek a hűtés sebességére, mint az AlCuMg vagy az AlMgSi ötvözetek.

A hűlési sebességet a hűtőközeg, és a darab mérete határozza meg. Ezért a hőkezelés tervezéséhez fontos a 2.7.ábra, amely azt szemlélteti, hogy a $v_{\dot{a}}$ átlagos hűtési sebesség hogyan függ az anyag vastagságától és a hűtőközegtől. Az ábrából kiolvasható, hogy ha 100°C-os vízben hűtünk, az kb. a léghűtéshez képest egy nagyságrenddel nagyobb, míg a 24°C-os vízben való hűtéshez képest egy nagyságrenddel kisebb hűtési sebességet jelent [7].



2.6.ábra. Nemesített alumíniumötvözetek szakítószilárdsága az edzéskor a 400...280°C közötti $v_{\dot{a}}$ átlagos hűlési sebesség függvényében

1. AlZn7Mg3Cu2; 2 AlZn6Mg2Cu; 3 AlCu4Mg1; 4 AlCu4Mg2; 5 AlSi1MgCu; 6 AlMgSi [7]



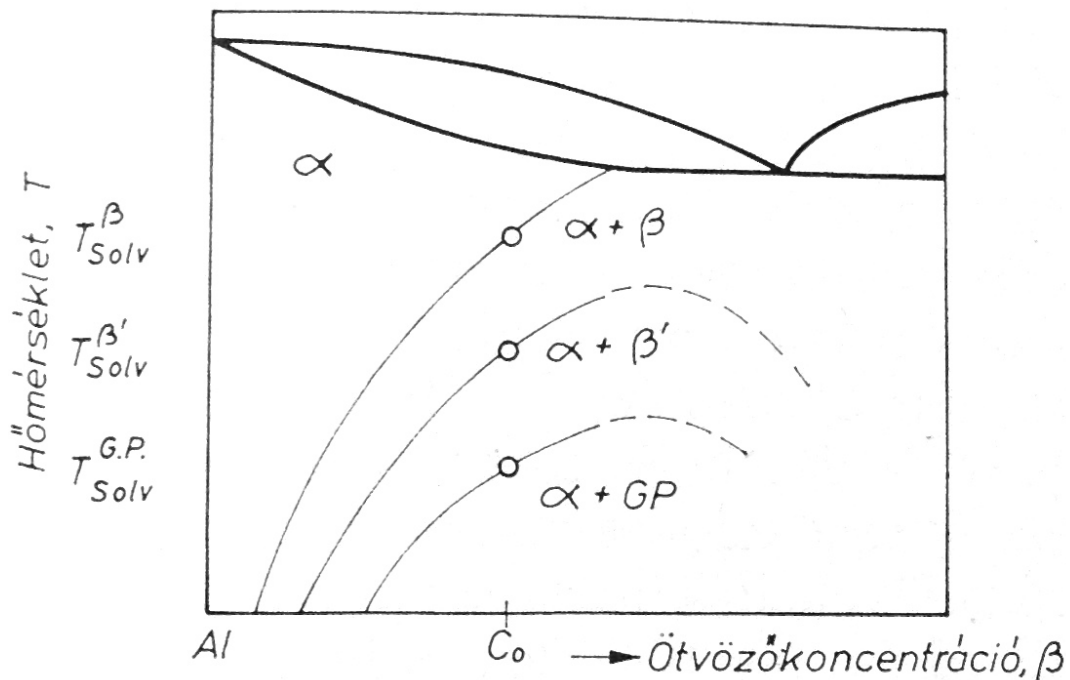
2.7.ábra. A $400 \dots 280^\circ\text{C}$ közötti v_a átlagos hűlési sebesség az anyag y vastagsága és a hűtőközeg függvényében

1 nyugodt levegő; 2 100°C -os víz; 3 93°C -os víz, 4 82°C -os víz; 5 66°C -os víz; 6 24°C -os víz; 7 végtelen hűtési sebesség az anyag felületén (szóamított)[7]

Hűtőközegként leggyakrabban vizet alkalmaznak. A víz hűtőhatását melegítéssel, vagy adalékolással lehet mérsékelni. A hűlési sebesség nagymértékben függ a felületi hőátadási tényezőtől, amit a felület minősége határoz meg. Ezért könnyen belátható, hogy a legnagyobb hűlési sebesség tiszta fényes felület esetén érhető el, a különböző hőmérsékletű vízben való hűtést, a 2.7.ábra foglalja össze [7].

2.6.2 Öregítés

A túltelített szilárd oldatból az ötvözők kiválásra törekednek. A kiválási folyamat a körülmények függvényében többféle kiválást hozhat létre. Az egyes kiválási termékek stabilitásáról a 2.8. ábra ad tájékoztatást. Az ábra megvilágítja, hogy az egyes kiválási termékeknek a szolvuszgörbéje eltérő. Legkisebb hőmérsékleten, legnagyobb túlhűléskor keletkeznek a GP zónák, e felett metastabil fázis vagy fázisok, végül a legnagyobb hőmérsékleten a stabil fázis.

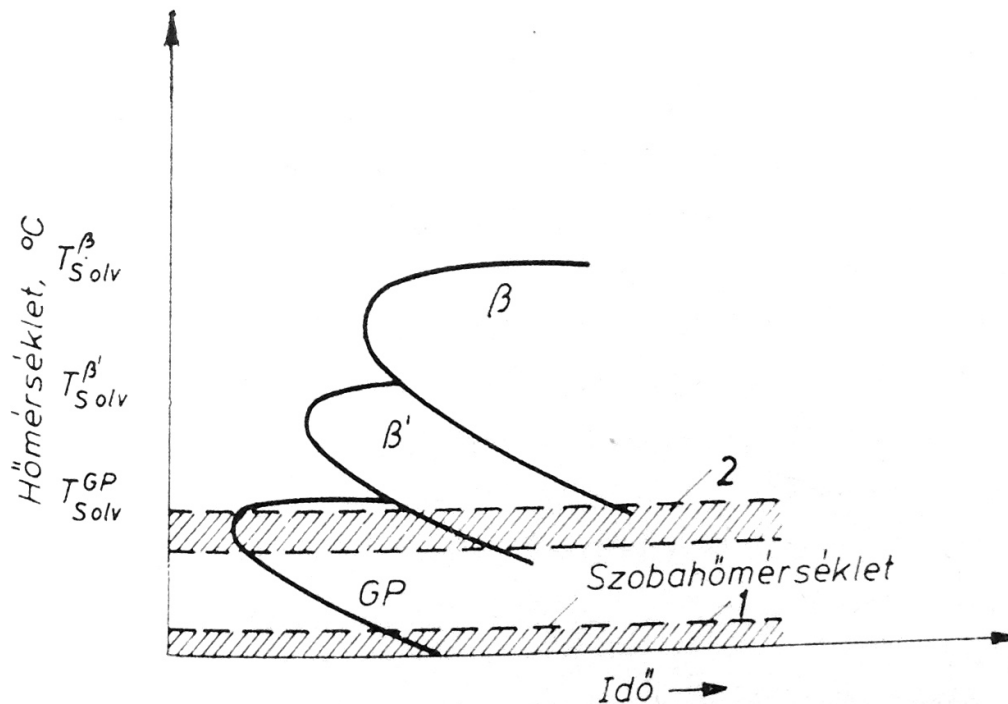


2.8. ábra. A c_0 összetételű nemesíthető ötvözet szolvusz-hőmérsékletei az egyes kiválási termékekre [7]

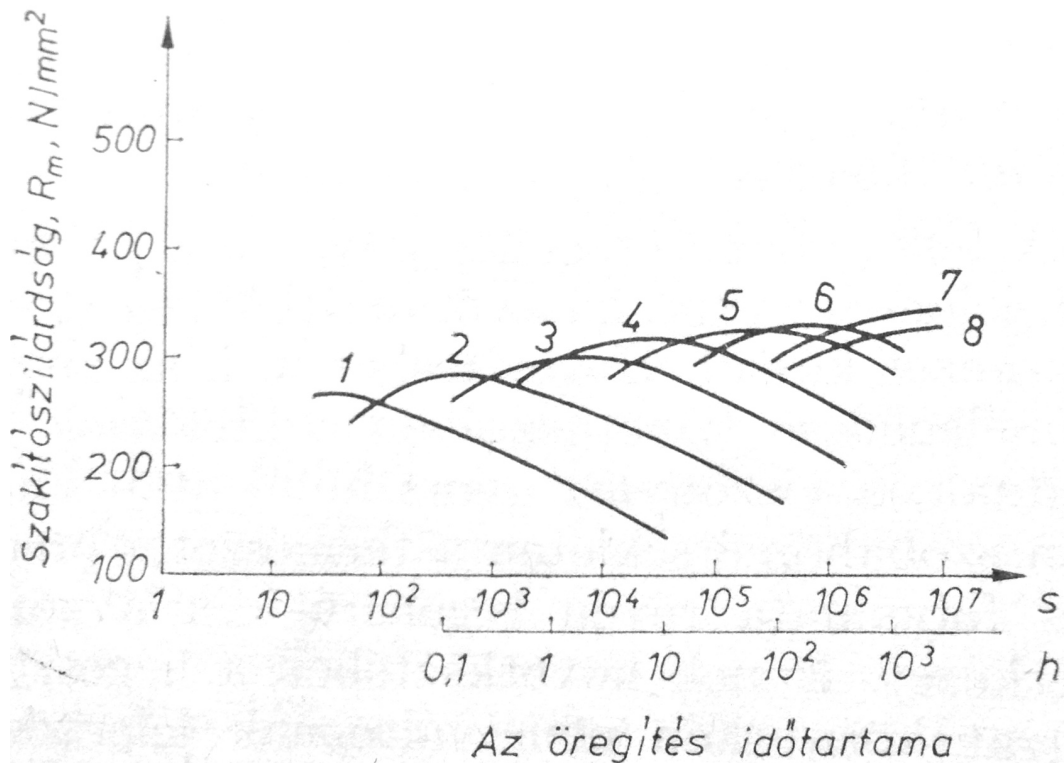
Az egyes termékek képződésének az előrehaladását a 2.9. ábra jelzi. A C betű alakú görbék az illető kiválási termék szolvusz-hőmérsékletéhez simulnak, és az illető kiválásfajta megjelenéséhez szükséges minimális időt jelzik. Az ábrából kiolvasható, hogy a GP zónák képződése szobahőmérsékleten is zajlik. Ennek következtében a túltelített szilárd oldat keménysége, szilárdsága a szobahőmérsékleten tartás során növekedni fog, vagyis közel 20 °C-os is lehet hőkezelt. Ezt a „hőkezelést” természetes öregítésnek nevezik. A GP zónák képződése a szobahőmérsékleten jelentősen keményíti az anyagot. Ez a keményedési folyamat az AlMgSi ötvözetekben 1...2 hét. Ezután annyira lelassul, hogy a kialakult GP zónás szerkezet stabilnak tekinthető.

A 2.9.ábrából kitűnik, hogy a GP zónák képződésének sebessége a szobahőmérsékletnél magasabb hőmérsékletnél nagyobb lesz. A gyorsabban növekvő GP zónák nagyobbra nőnek, miközben az egyes zónák egymástól mért átlagos távolsága nő. A GP zónák méretnövekedése a szilárdságot növeli, mivel a diszlokációknak nagyobb keresztmetszetet kell átvágniuk (2.9.ábra). A diszlokáció kifejezés egy kristályrácsban meglévő szabálytalanságokra vagy rácshibákra utal [7].

100 °C-nál nagyobb hőmérsékleten a GP zónák képződését a metastabil fázis (az egyensúlytól eltérő fázis) képződése váltja fel. A legtöbb nemesíthető alumínium ötvözetben egy-egy hőmérsékleten a keménység és a szilárdság változása az idő függvényében maximumos görbét ad. A 2.10.ábra az AlMgSi1 ötvözet mechanikai tulajdonságainak változása látható. Az ábrán jól érzékelhető, hogy kisebb hőmérsékleten hosszabb időhöz toódik a maximum, és azt is, hogy 100 °C alatt már monoton növekedésről beszélhetünk. A hőkezelő feladata mindig az, hogy az egyes hőmérsékleteken maximális szilárdság eléréséig tartsa az anyagot, azaz mesterségesen öregítse. Ha ennél hosszabb a hőkezelés, az anyag túlöregedik.



2.9.ábra. A GP zóna, β , ill β' -fázis kiválásának megjelenéséhez szükséges idő a hőmérséklet függvényében 1 természetes öregítés; 2 mesterséges ö. [7]



2.10.ábra. Az AlMgSi1 ötvözet szakítószilárdsága az öregítés idejének és hőmérsékletének függvényében

Az öregítés hőmérsékletei: 1:260°C; 2:232°C; 3:204°C; 4:190°C; 5:163°C; 6:135°C, 7:121°C; 8:107°C [7]

és egymástól való távolságuk azaz a diszlokációk szabad úthossza is jelentősen megnőtt. Ennek következtében a szilárdság csökken, a nyúlás a kontrakció pedig nő, vagyis az anyag lágyul [7][22].

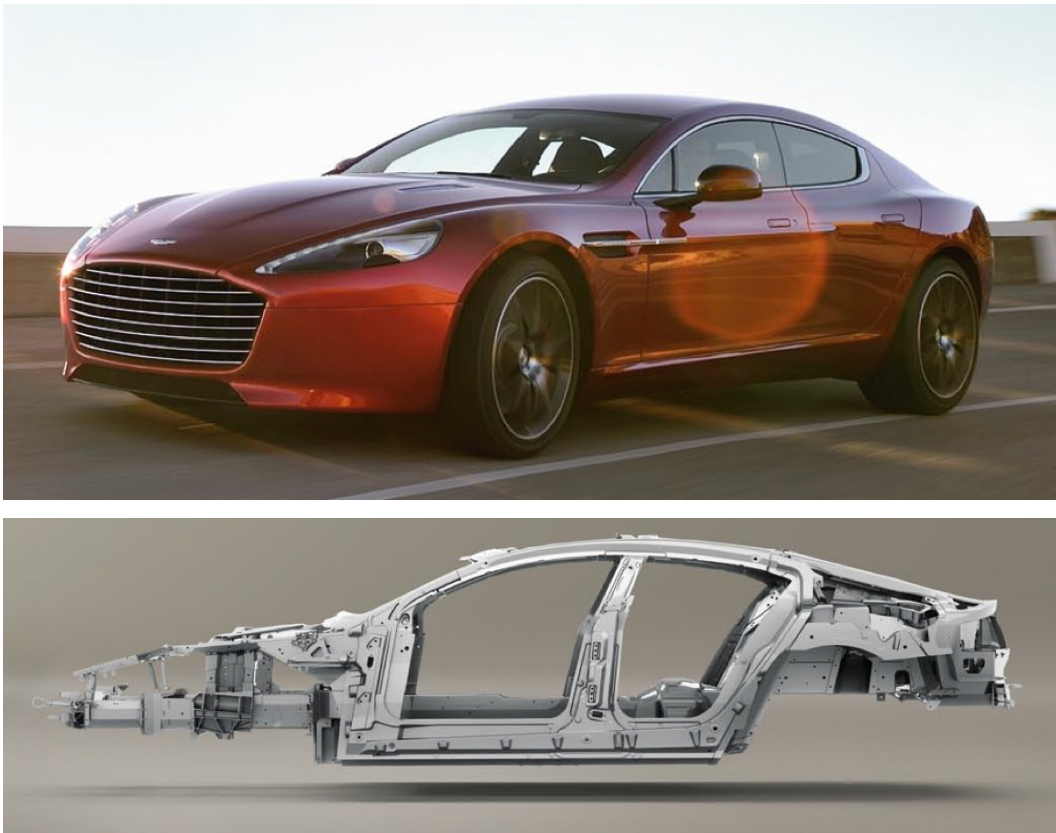
2.6.3 Egyes tényezők hatása a kiválói folyamatokra

Többlépcsős öregítés: A szilárdság annál nagyobb (a diszlokációk mozgása annál nehezebb), minél több és minél nagyobb méretű kiválással van tele az ötvözet. Szobahőmérsékleten mindig sok, de kisméretű GP zóna keletkezik, aminek közepes szilárdság felel meg. Ezt a szilárdságot tovább lehet növelni, ha a szobahőmérsékleten keletkezett zónák nagyobb (100...180 °C) hőmérsékleten tovább hőkezelve-diszperzitásukat megtartva nagyobbra növekednek. Az AlMgSi1 ötvözetnél kisebb lesz az előzőleg hevertetett anyag szilárdsága, mint az edzés után közvetlen hőkezelte [7].

2.7 Közlekedési eszközök

A járműipar és a szerkezeti anyagként alkalmazott alumínium kapcsolata e fém ipari felhasználásának legkorábbi idejében jelentkezett. A légi közlekedésben az alumínium az 1897-ben Schwarz Dávid magyar feltaláló által tervezett és megvalósított első merevszerkezetű léghajóval indult világjelentőségű útjára. Azóta világossá vált, hogy légi közlekedés alumínium nélkül el sem képzelhető. A szárazföldi és vízi közlekedésben is megtalálta az alumínium a maga helyét. Jelentősége mindinkább nő, amint az a következőkből is kitűnik [7].

Az alumíniumot sok előnyös tulajdonságai közül a járműgyártásra a következők teszik alkalmassá: kis sűrűség aránylag jó mechanikai tulajdonságokkal, egyszerű technológiával- rúdsajtolással- úgyszólván tetszőleges keresztmetszetű tartóelemek gyártására alkalmas, jól alakítható és megmunkálható, minden kötési technológiára alkalmas, jó korrózióálló képesség. A 2.12. ábrán egy modern személygépkocsi alumínium karosszériája látható, könnyen észrevehető, hogy majdnem teljes egészében könnyűfémből készül.



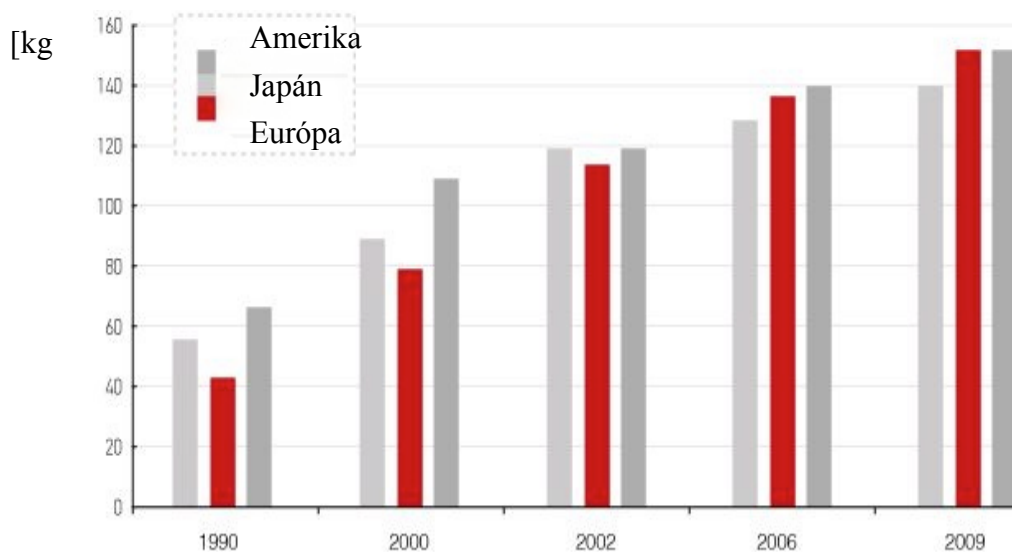
2.12.ábra *Aston Martin Rapid Székesfehérváron készülő alumínium karosszériája [12]*

Léteznek még olyan járműtechnikai tényezők, amelyek a könnyítésnek határt szabnak, és amelyekkel a tervezőnek számolnia kell. Ilyenek például a tapadósúly alsó határa, a nyugodt járás feltétele, sínjárműveknél a kisiklási veszély növekedése, a stabilitás változása, a szél okozta oldalirányú erő hatása, a hő és hangszigetelés romlása, sőt, bizonyos esetekben a szabványok és előírások is. Ezek a tapasztalat szerint nem okoztak elháríthatatlan akadályt a tömeg könnyítésének útjában [7].

Az összes előnyöket és hátrányokat, az üzemi körülményeket, a nyersanyag-előállítás energiaigényét, az üzemben felhasznált hajtóanyag energiatartalmát figyelembe véve, Jenkinson szerint egy bizonyos közlekedési eszköz szokott élettartama alatt az alumíniummal való könnyítés esetén e fém előállítási többletenergia-szükségletének az acélszerkezetű jármű üzemeltetésével szemben a többszörösét nyeri vissza az üzemeltető. Ez a szám: hajóknál (8,5), vonatonál (6,1-12), közúti járműveknél (9,5), repülőgépeknél (2900). Tehát egy alumíniumból épített repülőgépet 2900-szor olcsóbb üzemeltetni mint egy acélból készítettet [7].

A járművek gyártásában is két fő tényező játszik szerepet: a szerkezeti anyag és a gyártási technológia. A kettő szoros összefüggésben van egymással [7].

Szerkezeti anyagként a képlékenyen alakíthatóknál három alaptípus jöhet szóba: AlMgSi, az AlMg, és az AlZnMg típusú ötvözetek, amelyeket egyéb ötvözőelemekkel-főképpen rézzel-sokféle célra alkalmas ötvözetekként lehet felhasználni [7].



2.13.ábra Növekvő alumíniumfelhasználás a járműiparban [13]

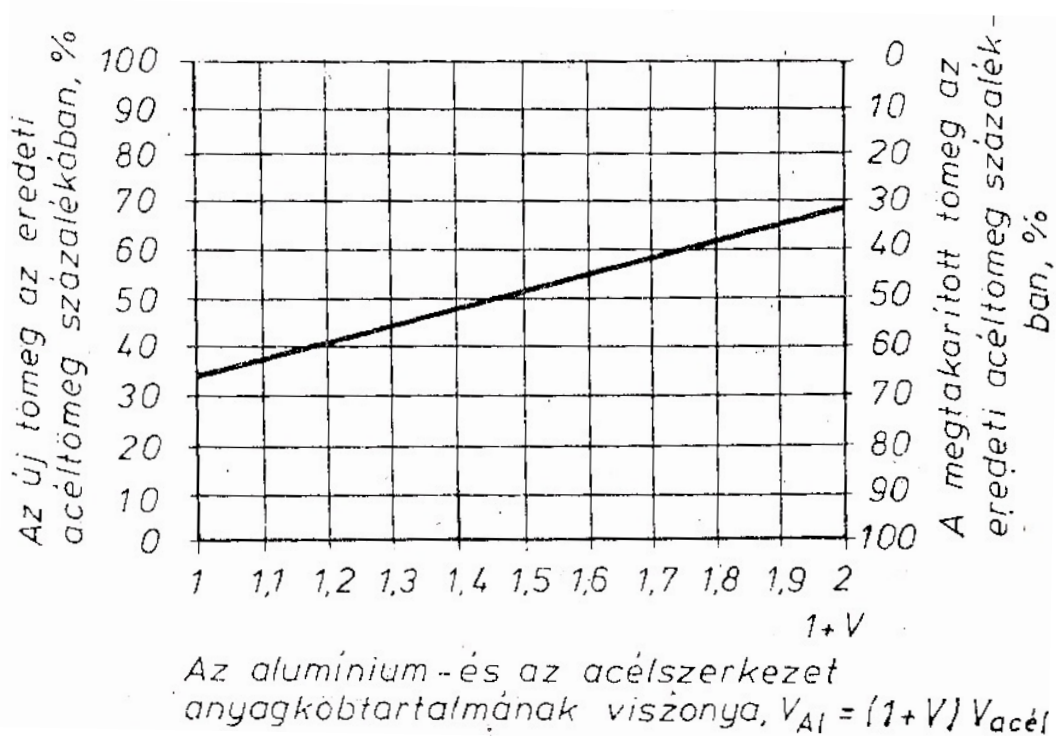
A 2.13.ábrán a járműiparban felhasznált alumínium évről-évre növekvő felhasználását láthatjuk. Alapvető szempont az alumíniumötvözetekből készülő járműszerkezetekre, hogy a szelvények gyártásmódja, a rúdsajtolás adta lehetőséget a legnagyobb mértékben ki kell használni. Ez a technológia lehetővé teszi a profil keresztmetszetében a falvastagságok tág határok közötti változását és az anyagmennyiség legcélszerűbb eloszlását. A sajtolt szelvényeknek (profilok) nemcsak szilárdságuk fontos, hanem alakadással a funkcionális szerepek betöltésére is alkalmasak [7].

Ezt a lehetőséget azért is kell kihasználni, mert az alumíniumötvözetek fajlagos ára többszöröse az acélnek és ezért a gyártási költségekben elért megtakarítással kell a készgyártmányok közötti árkülönbséget csökkenteni [7].

Figyelembe veendő, hogy bár az alumínium sűrűsége az acélnek kerekén 1/3-a (35%-a), a hasonló rendeltetésű járműszerkezetek teljesen alumíniumötvözetekből készítve sem adnak az acélhoz képest 1/3-nyi tömeget. Ez a viszonyszám kb 1/2 körül van, vagyis például 2t acél helyett 1t alumíniumot kell beépíteni. A valóságban ugyanis az alumíniumszerkezetekben kisebb a megengedett feszültség, a kötési helyeken csökken a szilárdság, kisebb az ismétlődő igénybevételekkel szemben az ellenállás és nem utolsósorban a deformációk szempontjából figyelembe veendő a kb 1/3-nyi rugalmassági tényező. Emiatt a beépítendő alumínium köbtartalma nagyobb lesz mint az acélé. Ha (1+v)-szeres az új anyagköbtartalom, akkor a 2.14.ábra szerint alakul az új tömeg, ill. A megtakarított tömeg százalékos aránya, az eredetileg szükséges acél köbtartalmára vonatkoztatva. Az alumíniumötvözetek egyik fontos, a járművekben nagy szerepet játszó tulajdonsága: a nagy mechanikai energiaelnyelő képesség. Ez következik a deformációs munka

$$A = C \frac{\sigma^2}{E} \quad (2.13)$$

(2.13) képletből. Ha a σ értéke az acélnek például csak 0,7-e, akkor is kb. 1,48-szoros az energia elnyelő-képesség az acélhoz képest ($E_{\text{acél}} \approx 3E_{\text{Al}}$) Taschinger szerint 46%-kal kisebb feszültség megengedésekor az alumínium szerkezet ugyanazt a munkát veszi fel, mint az St 37 acél [7].



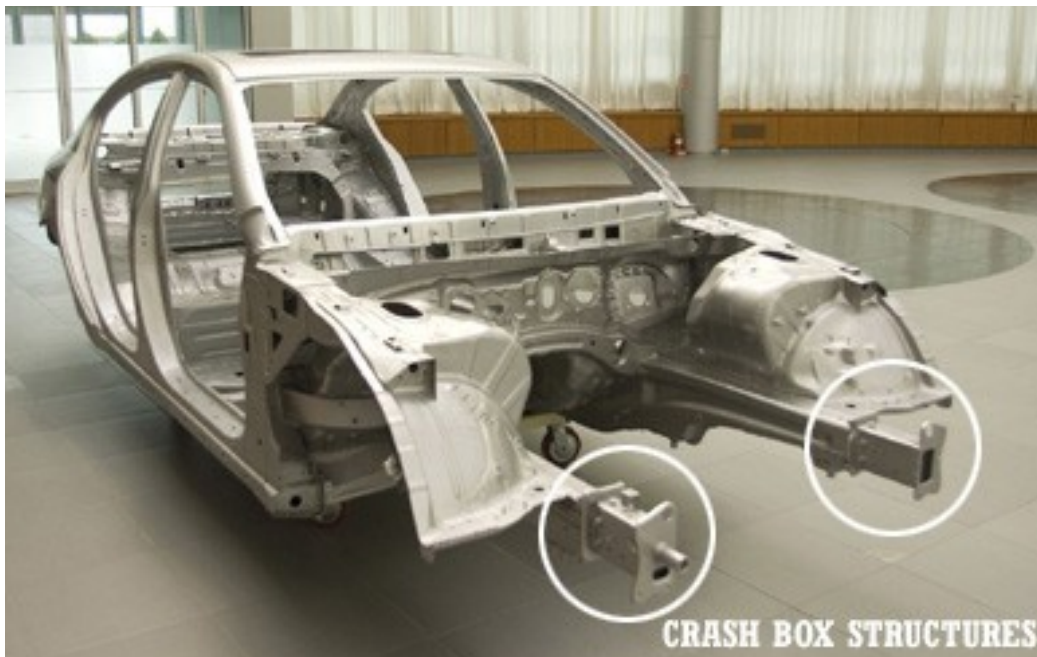
2.14.ábra Alumínium használatával az acéllal szemben elérhető tömegkönnyítés a beépített alumínium köbtartalom- többletének függvényében [7]

Általában egyenlő tömeg esetén az alumíniumötvözet mechanikai munkafelvevő-képessége kétszerese az acélnak. Ez a képesség éppen a járművekben rendkívül nagy előny lehet, például összeütközéseknél vagy egyéb hasonló eseményeknél, a személyek vagy árúk épségének megóvása szempontjából. Mindezek az előnyök akkor érvényesíthetők és az esetleges hátrányok akkor küszöbölhetők ki, ha a tervező, a féglyártmányt előállító, a közlekedési eszközöket gyártó, valamint az üzemeltető között szoros együttműködés áll fenn a tervezés, és a gyártás folyamán [7].

2.8 Crashbox

A crashbox nem más, mint egy ütközést csillapító elem. Különleges formájának és anyagának köszönhetően elnyeli a balesetnél keletkező mozgási energiát. Ezt az energiát a karosszéria a becsapódáskor a crashboxnak továbbítja, ami egy bizonyos ütközési sebesség alatt (általában 15 km/h) teljesen elnyeli a kinetikus energiát. Ez nem csak az utasok egészségének megóvása érdekében fontos, hanem így a járműben sem keletkezik nagyobb kár, és javításnál jellemzően a crashbox cseréjére van szükség. Természetesen a nagy sebességgel való ütközésnél is jelentős az energiaelnyelő képessége [8].

A crashbox eredetileg csak a felsőkategóriás autókra volt jellemző, de fontosságát felismerve a gyártók egyre többször építik be olcsóbb járművekbe is [8].



2.15. ábra A Crash box elhelyezkedése egy személygépkocsin[18]

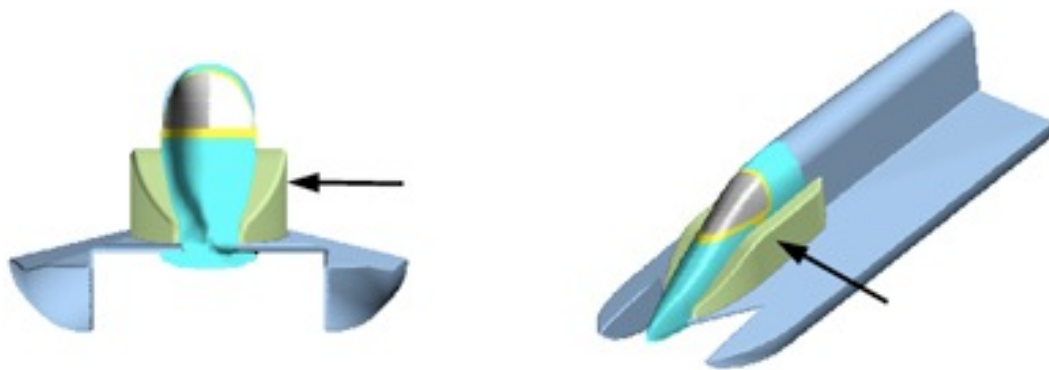
A 2.15. ábrán egy gépjármű karosszéria látható, elől a crashboxok megjelölésével.

Mivel járműről van szó, ezért nagyon fontos a kis tömeg és a nagy energiaelnyelő készség, az alumínium mindkét kritériumnak tökéletesen megfelel. A crashbox gyártható természetesen acélból is, továbbá különböző minőségű szálerősítéses műanyagokból, bár ezek igen magas árak miatt a tömeggyártásban nem

használatosak (2.16.ábra). A crashbox nem csak közúti gépjárművekben található, hanem pl. versenymotorcsónakokban is (2.17.ábra).



2.16.ábra Versenyautó crashbox, eredeti és deformálódott állapotban[9]



2.17.ábra Verseny motorcsónak crash box[11]

2.9 ISO/TS [14]

Ez egy ISO szabványra épülő autóiipari Műszaki specifikáció. A műszaki specifikáció célja olyan alapvető minőség rendszer kifejlesztése, ami biztosítja a mérhető folyamatos fejlődést és előtérbe helyezi a hiba megelőzését, valamint az ingadozások és veszteségek csökkentését az autóiipari beszállítói láncban. Ez a műszaki specifikáció a vonatkozó vevői követelményekkel együtt alkotja a minőségügyi rendszer követelményeit.

Vonatkozó vevői követelmények: azon vevők követelményei, akik elvárják az ISO TS 16949 szerinti rendszer tanúsítását vagy működését, a beszállítói lánc bármely szakaszában.

2.9.1 Az ISO/TS Alkalmazási területei

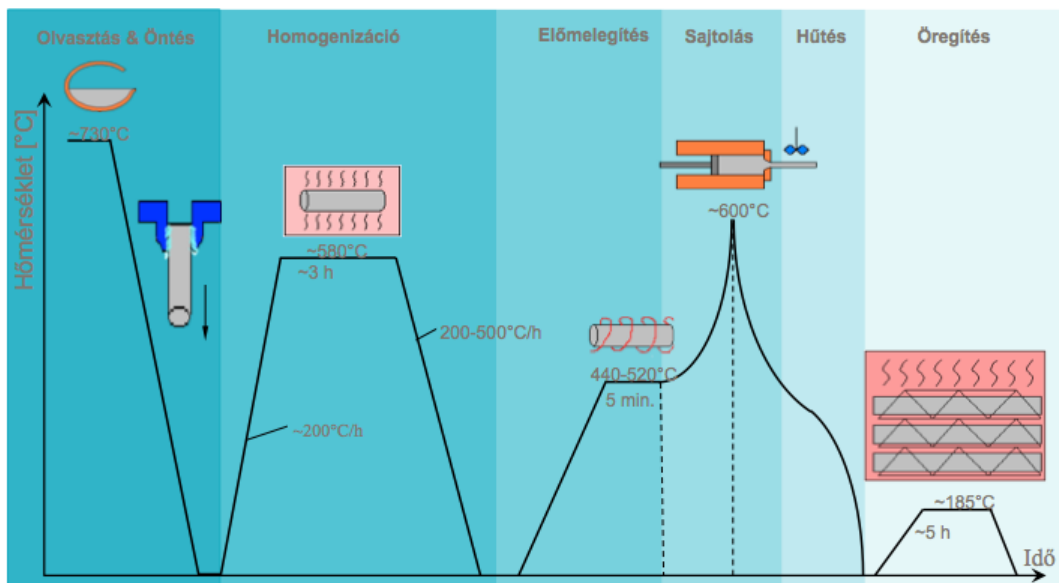
Az ISO/TS 16949 (Műszaki szabvány) egy csak az autóiparban használatos minőségbiztosítási norma. Kifejlesztését és kibocsátását az IATF (Nemzetközi Gépjármű Különbizottság) és az ISO (Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) közösen végezte. Alapjaiban az ISO 9001:2008-at tartalmazza [19][20].

E szabvány olyan gyártó és beszállító telephelyekre alkalmazható, akik alapanyagot vagy alkatrészt szállítanak, felületkezelést, festést, bevonatokat hoznak létre vagy egyéb felületkezelést végeznek, félvezetőket gyártanak (elektronikai alkatrész), részesei az autóipari beszállítói láncnak. Ezen belül autóipari alkalmazásnak minősül a személygépkocsi, teherautó, busz, motorkerékpár gyártása. Nem tartozik a tanúsított terület alá a mezőgazdasági gépek, traktorok, munka gépek, biciklik, nem közúti járművek, ipari alkalmazások energia, háztartási ipari, gépipari termékek gyártása.

3 A sajtolás gyakorlati megvalósítása

A következő fejezet részletesen tartalmazza a sajtolás fontosabb lépéseit. A 3.1. ábrán a teljes sajtolófolyamat lépései láthatóak az alumínium öntéstől- az öregítésig. A üzemben az elsődleges művelet a kész tuskók előmelegítése a sajtoláshoz, az utolsó pedig az öregítés utáni csomagolás. A tuskók minden esetben készen, homogénizált állapotban érkeznek, a 3.1. táblázat szerinti összetételben.

A TELJES SAJTOLÓ FOLYAMAT HŐMÉRSÉKLETSZINTJEI



3.1.ábra. A teljes sajtolási folyamat hőmérséklet szintjei [17]

SAJTOLT ÖTVÖZETEK

Ötvözet	Összetétel (tömeg-%)					Mechanikai feszültség					
						Rp0,2 (MPa)		Rm (MPa)		A5 (%)	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	T4	T6	T4	T6	T4	T6
EN AW-6060	0,30-0,6	0,10-0,30	0,10	<0,10	0,35-0,6	60	150	120	190	16	8
EN AW-6063	0,20-0,6	<0,35	0,10	<0,10	0,45-0,9	65	170	130	215	14	8
EN AW-6063A	0,30-0,6	0,15-0,35	0,10	<0,15	0,6-0,9	90	190	150	230	12	7
EN AW-6005	0,6-0,9	<0,35	0,10	<0,10	0,40-0,6	90	225	180	270	15	8
EN AW-6005A	0,50-0,9	<0,35	0,30	<0,50*	0,40-0,7	90	225	180	270	15	8
EN AW-6082	0,7-1,3	<0,50	0,10	0,40-1,0	0,6-1,2	110	260	205	310	14	10

3.1.táblázat. Az üzemben sajtolt ötvözetek [17]

3.1 Szerszámüzem

A gyárban, saját szerszámüzem működik. Itt található egy lúgozósor, gépi megmunkáló, homokszóró berendezések, és egy szerszámkorrekciós műhely is. A megmunkáló gépek tekintetében, található egy síkköszörű ami a szerszámok illeszkedő felületeinek felköszörülésére hivatott. Valamint több marógép, amiket a gépi szerszám korrekciók elvégzésére alkalmaznak, ezek a változtatások kézzel is történhetnek lásd 3.2. ábra.

Az üzemben található még egy CNC maró is, ami a sajtolás utáni alumínium maradványt távolítja el, ezzel csökkentve a lúgozóban töltött időt. Vannak még fűrészgépek is az esetleges présmaradványok lefűrészelése végett. Van az üzemben egy lúgozó, a szerszámra felrakódott maradék alumínium lerakódásának eltávolítására, valamint egy homokszóró az itt a lúgozóban megmunkált szerszám tisztítására. A továbbiakban található még egy nitridáló is, ami a szerszám keménységének javításáért felelős. A szerszámraktárban 12500db szerszám található, a nagyobb darabokhoz (320-500mm átmérőjű) speciális liftet használnak, itt állítva tálcán helyezkedik el a szerszám, majd a megfelelő rendeltetési helyre eljuttatást követően daruval kerül leemelésre.



3.2. ábra. Kézi szerszámkorrekció

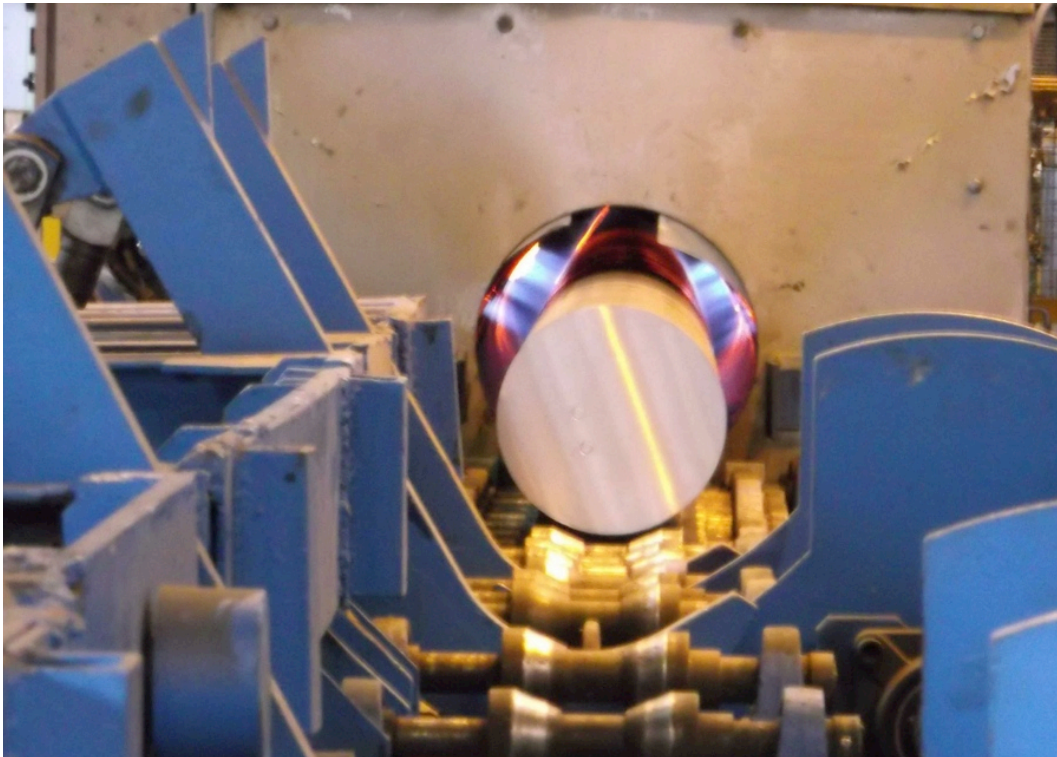
3.2 „Elhaus” – előhevítő kemence

A technológia első lépése során a 6”...11” átmérőjű, 6...8 méter hosszú Al-száltuskókat, Elhaus-típusú előhevítő kemence hevíti. A száltuskó olyan magas hőmérsékletű kell legyen, hogy a melegvágó olló képes legyen elvágni (elnyírni) és a darabolt tuskó további feldolgozásra, azaz a sajtolásra alkalmassá váljék.

Ez a hőmérséklet jellemzően 450...470 °C, de a 6.sz. prés esetében, ahol a levágott darabtuskót indukciós utóhevítő kemence hevíti tovább erre a hőfokra, ennél alacsonyabb, 350 °C.

Az Al-száltuskót a közvetlen nyílt láng, hevíti fel. A kemencének négy zónája van, amelyknél külön-külön (lépcsőzetesen) kerül beállításra a kívánt hőfok (a kiadagolás zóna alapjele a mértékadó). A gépészeti konstrukció alulról nyitott, ennek az a két következménye van, hogy a szállítólánc hűtése így biztosított, és a kemence hatásfoka romlik a beszívott, relatív hideg levegő miatt .

Az égésteret szigetelés céljából szálkerámia lapok határolják. E miatt a kemence külső falán mérhető hőmérséklet nem emelkedik 70°C fölé. Az égéstér tetején, a fedél alatt a kilépő füstgázok számára egy nyitott sáv került kialakításra.



3.3.ábra Alumínium száltuskó az Elhaus-előhevítő kemencében

A kemence átlagos termikus hatásfoka mindössze ~27...30%. Ez az alacsony érték annak köszönhető, hogy a hevítés során a gáztüzelésű sorégő nem csak az Al-száltuskót, hanem az alulról beszívott, relatív hideg levegőt is hevíti. Jelentős mennyiségű sugárzási hőátadásra kerül sor a közvetlen környezet felé. Tovább rontja a hatásfokot a hőveszteség a részben (indokoltan) szigetetlen füstcsatornán és kéményen.

A kemence hatásfoka némiképp hatásfok növelhető, a hőenergia visszanyerésével, a füstgázból. és az ún. fals-levegő beszívás mértékének csökkentésével. A 3.3.ábra egy a kemencéből kilépő száltuskó látható.

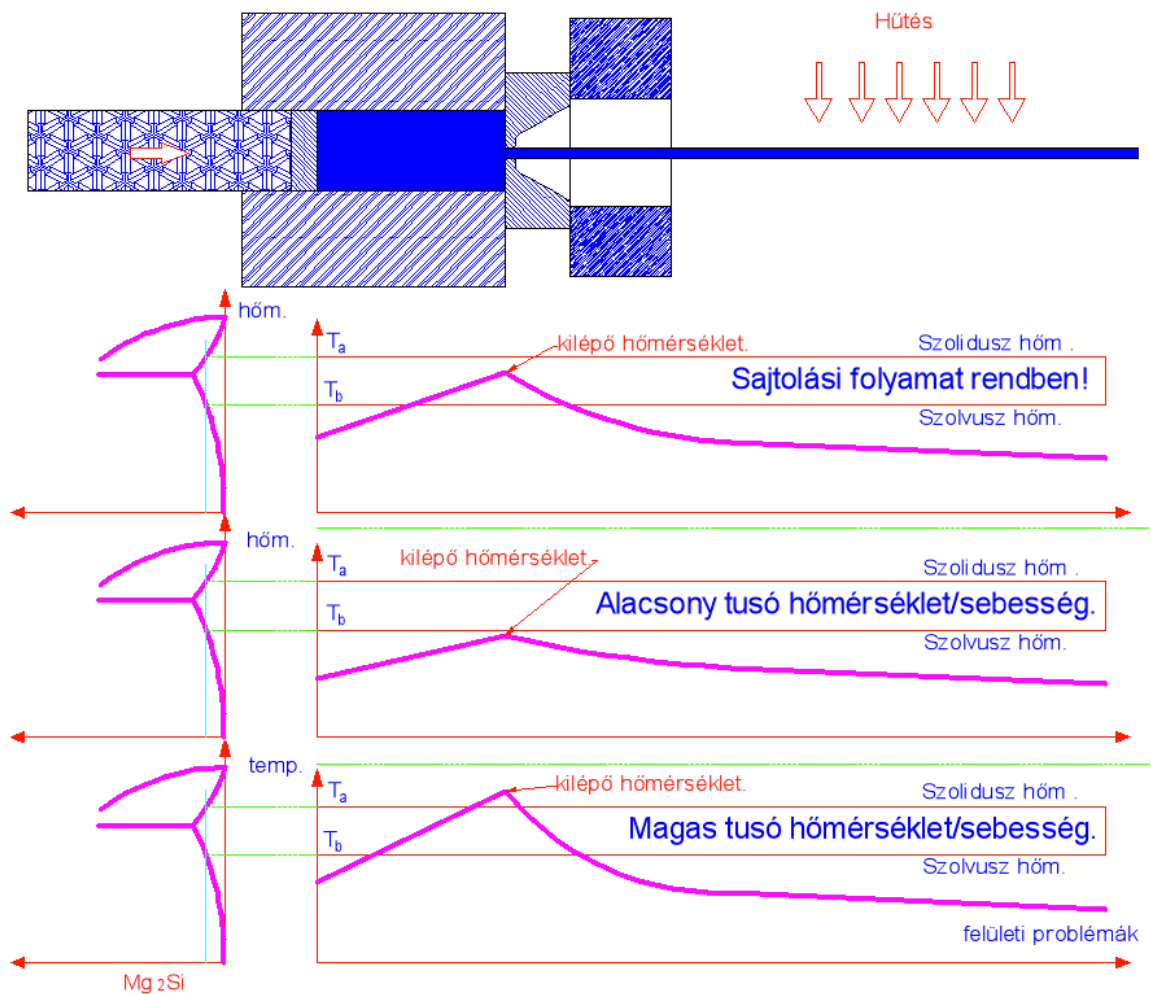


3.4. ábra Az Elhaus kemencében felhevített tuskó hőmérsékletének mérése

A 3.4. ábrán egy különleges hőmérséklet mérő látható, és a kemencéből kigördülő tuskó hőmérsékletét méri. A különböző hőelem anyagú tűskék közötti feszültség különbség arányos a hőmérséklettel. A hegyén található kúp 60°-os szöget zár be. Azért fontos a hegyes kialakítás, hogy a tuskón található oxidrétegen át tudjon hatolni. Annak érdekében, hogy a mérőhegy mindig hegyes maradjon, gyakorta ellenőrizni, folyamatosan köszörülni és polírozni kell.

3.3 „Junker”-indukciós kemence

A kemence mágneses indukció elvén működik. Felhevíti a már ledarabolt tuskót a sajtolási hőmérsékletre. Működésének lényege, hogy a mágneses térben a tuskóban örvényáram keletkezik ennek következtében melegedni kezd. A hossza mentén szakaszosan, kevesebb-több energiaegységnek megfelelő elektromos energia hevíti fel a fémeket. A művelet időtartama alig egy percig tart, ez alatt az idő alatt hevül fel a tuskó a kívánt hőmérsékletre. A minél jobb sajtoláshoz nem egyenletes, hanem a szerszám felé melegebb, ún. fejfűtött hőmérsékletű tuskóra van szükség. A munkadarab eleje kb. 470 °C hőmérsékletű, a hátulsó része 430...440 °C. Az így keletkező hőmérsékletkülönbséget a sajtolás során keletkező alakítási hő egyenlíti ki. A 3.5.ábrán jól látható, hogy mennyire fontos a tuskó szolidusz és szolvusz hőmérséklet közötti intervallumba történő melegítése. Ennek meg nem történte esetén a profil felületén akár problémák is jelentkezhetnek.



3.5.ábra. A Sajtolás optimális hőmérséklete

3.4 Melegvágó olló

A 350 °C-ra felhevített tuskót lézeres távolságmérő segítségével, lánchajtás segítségével szállítják ki a kemencéből, hogy a levágott, vagy megmaradt darab elérje a kívánt sajtolási hosszúságot (500...1100 mm). A túl rövid darabok visszakerülnek a beszállítóhoz, újraolvasztásra. Nagyon fontos a melegvágó olló méretpontossága, mert csak így érhető el a később préselt profil megfelelő pontossága. Ez nagyon fontos, mert a vevők csak méretpontos alkatrészeket vesznek át.

3.5 A Prés

A prés direkt sajtolású, vízszintes elhelyezésű, Zamet VI., lengyel gyártmányú hidraulikus sajtó, és egy 1000 l/perc olaj szállítására alkalmas szivattyú hajtja. Pontosabban a prés és mellékmozgásainak működtetéséhez szükséges 6 kV-os és feszültségintű motorok által működtetett olajhidraulikus szivattyú. A sajtolás után a kilépő profil hőmérséklete az alakítási hő következtében körülbelül 550 °C, itt eltérés tapasztalható a profil alakja, keresztmetszete, mérete és a különböző ötvözetek miatt.



3.6. ábra A levágott tuskódarabok

Az ötvözetektől és a profiloktól függően a sajtolóerő értéke 490...1100 MPa közé tehető.

A szerszám és a recípiens között a nyomás értékét 790...890 MPa közé kell venni. Ha ennél kisebb a nyomás, az alumínium kifolyhat a szerszám előtt, vagy akár deformálhatja is azt.

A tuskó kisajtolása után, a visszamaradó részt egy hidraulikus olló (a leütőolló) távolítja el (3.6.ábra). A tuskó felületén kialakult oxidáció a sajtolás következtében annak végére torlódik, mint egy „kifordított kesztyű”. A leválasztott darabok a prés alatti szállító szalagról egy tároló edénybe, majd egy tároló ládába kerülnek, későbbi újrafelhasználás céljából.

3.6 A vállalatnál található prések összefoglalása

A 3.3. táblázat az üzemben található préseket hasonlítja össze. A prés gyártósorokban sok hasonlóság figyelhető meg. Példaként, a 3. és 4.sz. prés közel hasonló, csak a hűtésben különböznek. Nagyon fontos az autóiparban, hogy mindig legyen egy úgynevezett kiváltóprés. Erre azért van szükség, mert ha az egyik gyártósor meghibásodna, megfelelő előkészítéssel, gyártásprogramozással rövid idő alatt át lehet állni a másik gyártósorra. Az ilyen változásokat azonnal jelezni kell a vevőnek. Minden egyes terméknek a tuskóig nyomonkövethetőnek kell lennie, a technológiai és kalibrációs adatokat össze kell gyűjteni, tárolni. Így minden terméket biztonsággal és reprodukálhatósággal kell gyártani. A 3.2. táblázat tartalmazza a P6 prés néhány főbb sajtolási adatát.

Présgép	P6			
Ciklus tuskójának hossza [mm]	1024			
Ciklus tuskójának hőmérséklete a présbe adagoláskor (fejtől a vége felé haladva) [°C]	472	459	447	427
Cikluson belüli mintavételezési gyakoriság [ms]	600			
Tiszta sajtolási idő [sec]	176			

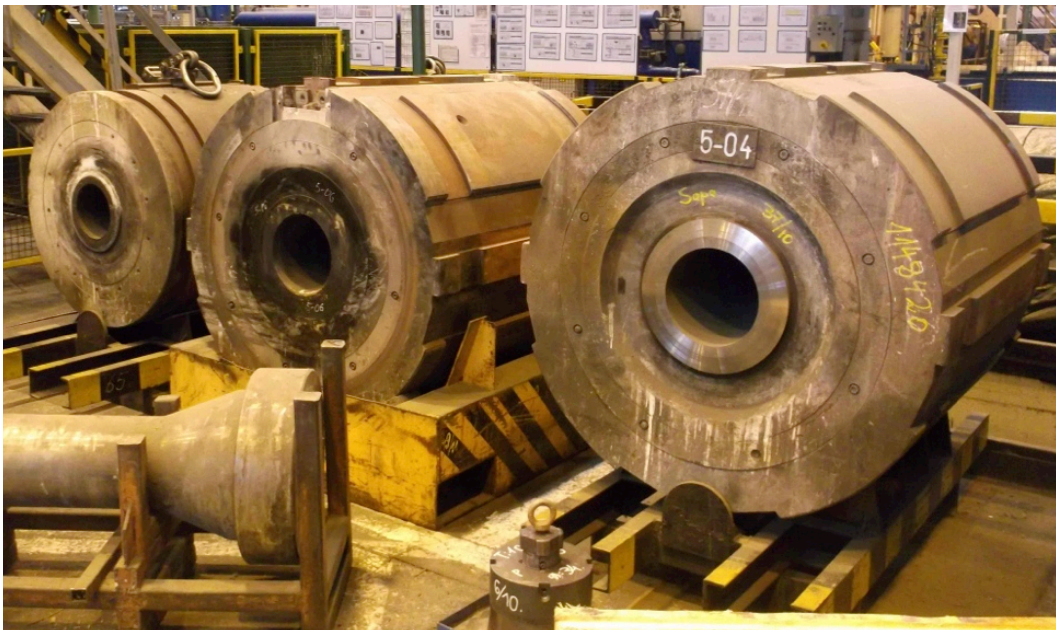
3.2. táblázat A P6 prés sajtolásának néhány főbb adata

Précek/ Tulajdonságok	1250 t P2	1 600 t P5	2 500 t P4	2 500 t P3	3 200 t P6	3 200 t P1	3 550 t P7
Nyomóerő[MN]	12,5	16,0	25,0	25,0	32	32	35,5
Recípiens belső hüvely átmérő [”/mm]	6 / 158	7 / 185	9 / 235	9 / 235	10 / 264	10 / 262	11/289
Max.főhenger nyomás [bar]	220	315	315	315	315	220	265
Max. Tuskóhossz [mm]	650	750	815	817	1100	1200	1100
Mellékidő [s]	23	19	23.5	19,5	22	18	26
Kikészítősor hossza [m]	44.6	38	52.5	52	51,5	52	46,8
Nyújtóerő [t]	15	20	40	40	80	150	80
Max.folyómétersúly [g/m]	1242	1970	5500	4700	16195	16000	15000(20000)
Min. folyómétersúly [g/m]	76	133	160	190	2800	320	700
Max.vágási hossz [mm]	13 400	13 950	13 600	13 600	13 180	15 000	14 000
Min.vágási hossz [mm]	2 195	2 300	2 000	1 900	1 680	1830	2 000
Max.vágási magasság [mm]	120	115	200	160	165	220	235
Tuskóátmérő [mm]	152	178	229	229	254	254	279
Tuskó folyómétersúly [kg/m]	49	67,18	111,15	111.15	136,81	136,74	165
Max.tuskósúly [kg]	32,83	50,05	90,58	91.14	150,49	164,08	181,5
Recípiens hüvely hossz [mm]	715(685)	810	910	910	1210	1240	1150
Hűtés jellege	léghűtés	léghűtés	léghűtés/ vízágy vízpermet	léghűtés	léghűtés/ vízágy, vízköd	léghűtés	léghűtés/ vízpermet

3.3.táblázat a SAPA Profiles Kft. székesfehérvári üzemében található précek összeállítására

3.6.1 Recípiens

A tuskót a sajtolás közben részben helyben tartó, részben melegített indukciós, vagy ellenállás fűtésű elven fűtött fémhenger. Használat következtében a belső hüvely elkopik. Hőmérséklete jelentősen befolyásolja a sajtolás hőmértékét. Vagy tuskóéval azonos hőfokra, vagy 25...35 °C-al alacsonyabbra kell melegíteni a surlódási veszteségek csökkentése végett. Ennél alacsonyabbra nem szabad állítani, mivel ebben az esetben felrepedt selejt keletkezhet. Belső hüvelyének állapota pedig a termék felületét határozza meg. Ha pl. a recípiens belső hüvelye kopott (a recípiens átmérője a hosszának közepén nagyobb mint a végeken), a recípiens öblös. Az öblös részben mindig marad fém az előbbi sajtolásokból, amely lehet más ötvözetből és többnyire szennyezett és oxidos. Ez a fém rásajtólódik a következő termék felületére, jelentős mértékben rontva annak minőségét és eloxálhatóságát. A 3.7.ábrán felújításra váró recípiensek találhatók. Az öblös belső hüvelyű recípiens emellett a sajtolás során a tuskó és a hüvely között megrekedő levegő révén a profil felületére „sajtólódva” hólyagos felületet is eredményezhet [7][21].



3.7.ábra Beépítésre és felújításra váró recípiensek

3.6.2 - Maximális sajtolási nyomás

Törekedni kell arra, hogy a prés teljesítményét a lehető legjobban használjuk ki. Ideálisnak nevezhető az a beállítás, ha az indulónyomás -1 MPa tartományba esik. A legmagasabb nyomás a sajtolás kezdetén alakul ki.

Magasnyomási idő: amíg a sajtolási nyomás egy meghatározott nyomásérték felett tartózkodik. A sajtolási paramétereket úgy kell meghatározni, hogy a sajtolási nyomás a megadott idő alatt (max. 15 sec.) az előírt nyomásérték alá csökkenjen.

3.7 - Kilépőszál hőmérséklet

A kilépőszál hőmérséklet mérését (Williamson-típusú) infrasugárzást mérő hőkamera végzi, melyet a célzó lézernyaláb segítségével a szál legmelegebb pontjára kell irányítani. Fontos, hogy a mérési pont a sajtolás kezdetén és végén ugyanott legyen. A kamerát, a kilépő profil sugárzó hője ellen, üzemszerű használatnál a megbízhatóság érdekében sűrített levegővel hűteni kell. A mért érték kijelzése a kormánypulton és a sajtolási képernyőn is megtalálható.

Minimum kilépőszál hőmérséklet:

Az az érték, aminél a profil edzés, hőkezelés után az előírt minimum szilárdsági értéket eléri.

37,40-es ötvözet	min. 510-520 °C
30,41,6C,75 ötvözet	min. 530-535 °C
45, 6A ötvözet	min. 540-550 °C

Maximum kilépőszál hőmérséklet:

Irodalmi adatok szerint a kilépőszál maximális hőmérsékletét az Mg₂Si eutektikum képződése korlátozza, mely feltapadásként jelentkezik. A felszakadást is metallurgiai tényező okozza: a képződő FeSi fázis tűs alakú és feszültséggyűjtő hely. A feltapadást, felszakadást kiváltó max. hőmérséklet 560...580 °C körül van. A sarkoknál lévő repedés az alumínium képlékenységi határát jelenti. Jelentős tényező még, hogy a szerszámokon lévő nitridréteg erős kopásnak indul 580 °C-on [21].

Gyakorlatilag a maximális kilépőszál hőmérséklet az az érték, ahol minőségileg még megfelelő a profil felülete, mérete és szilárdsága.

3.8 Hűtő berendezések

Napjainkban, gazdasági okok miatt, úgynevezett készárugyártó sorokat használnak, azaz a sajtolással egy gépcsoportot képeznek a kikészítő berendezések. Ezeken általában edzett termékeket állítanak elő. Az így képzett gépcsoporton belül elvégzik a sajtolást követő alábbi műveleteket: edzés, hűtés, nyújtvahengerlés, darabolás, kalodábarakás. Ezután külön kemencében végzik el a szilárdságnövelő megeresztést. Ezek után a minőség ellenőrzése és a kiszállítás következik.

A 2.6 fejezet alapján, a sajtolás utáni hűtésekor az anyagban átalakulások mennek végbe, amelyek során megváltozik az anyag szerkezete. Általában a célunk a szobahőmérsékleten normál hűlési sebességgel való stabil állapottól eltérő, metastabil stádium elérése. Ezt gyors hűtéssel lehet elérni. A gyors hűlés célja, a sajtoláskor keletkezett, egyensúlyban lévő homogén szilárd oldatot szerkezetváltozás nélkül, szobahőmérsékletig megőrizni. A műveletet szokás befagyasztásnak is nevezni. Akkor sikerül tökéletesen, ha a nagy hőmérsékleten kialakult szerkezet minden atomja és vakanciája a helyén maradt [7].

Állapot	Ötvözet Hűtési seb.	Hűtés a sajtolás után	Mechanikai előírások			HB min
			R _m min MPa	R _{p0,2} min MPa	A ₅ min %	
F21	AlMgSi1 200°C/min	vízzel	205	110	14	65
			190	120	16	
			205	110	14	
F28	AlMgSi1 250°C/min	2mm fal.v levegővel	275	200	12	80
		3mm fal.v vízpermettel				
		3mm fal.v vízzel				
F31	AlMgSi1 350°C/min	2mm fal.v levegővel	310	260	10	95
		3mm fal.v vízpermettel	-	260	10	
		3mm fal.v vízzel	310	270	8	
			295	255	8	

3.4. Táblázat. **AlMgSi 1.0(45)** tulajdonságai

A valóságban természetesen ezt csak megközelíteni tudjuk. A rácshibák vagy más néven vakanciák befagyasztása különösen fontos, hiszen kis hőmérsékleten az oldott atomok diffúziója vakancia, vagyis üres rácshely nélkül megáll. A befagyasztás akkor sikeres, ha hűlés közben minimális kiválás történik. A kiválásos folyamatok sebessége döntően két tényezőtől függ, a túltelítettség mértékétől és a diffúzió sebességétől. Az 3.4.táblázat néhány sajtolható alumínium ötvözet megmunkálás utáni hűtését tartalmazza [23][26].

Belátható, hogy a profil hűtési típusa függ a keresztmetszetétől, és a felületétől is, és nem csak a kívánt szövetszerkezet elérésétől. Pl. 10x10mm négyzet keresztmetszetű profil esetében, alacsonyabb szakítószilárdság elérése esetében is elengedhetetlen a vízhűtés, ennek oka, hogy a falvastagság nagysága miatt, képtelenség léghűtéssel lehűteni a munkadarabot. Természetesen ennek az ellentéte is igaz, hogy pl. egy 80x5mm méretű sín, viszonylag nagy felületét is, magas folyáshatár elérése mellett is, le lehet hűteni kellő képpen akár nagynyomású levegővel is. De alapjaiban igaz az a szabály, hogy minél nagyobb a szilárdsági igény, annál gyorsabban, nagyobb sebességgel kell elvégezni a hűtést.

3.8.1 Léghűtés

Ezt a hűtési formát akkor alkalmazzák, ha nincs különösebb szilárdsági, szívóssági elvárás az ötvözetrel szemben, nem kell magas szakítószilárdságot elérni, vagy például a sajtolás utáni törésteztet készíteni. Emellett az álló hullámú hűtés után a profilon elkerülhetetlenek a kisebb nagyobb, megszáradva foltot okozó. Ezért sűrített levegős szárítóval, nagynyomású levegő segítségével a profilon keletkezett vízcseppeket vissza kell fújni a vízágy felé. Így a profil felülete megkívánt tisztaságú marad. A 3.8.ábrán látható, egy csak önmagában alkalmazott léghűtő berendezés.

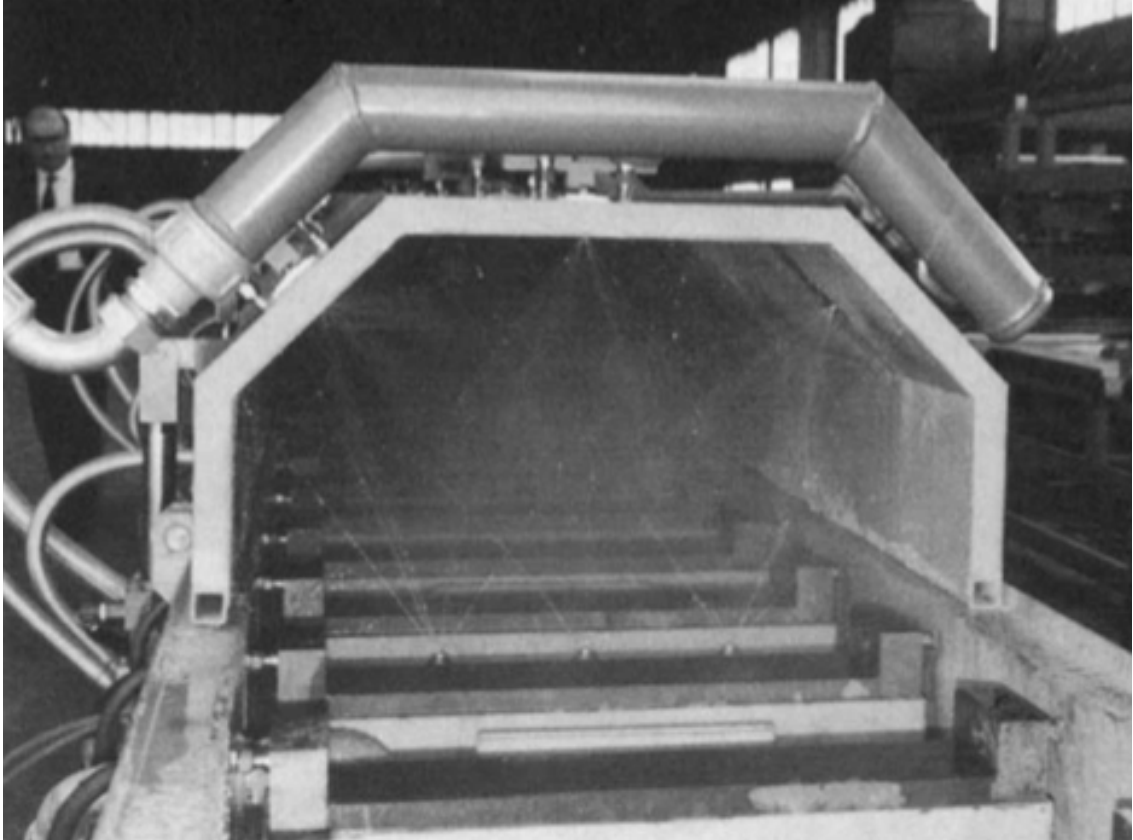
A költségek csökkentése érdekében kerül bevezetésre az úgynevezett vákuumszivattyús, ventilátoros levegős szárító (elterjedt elnevezéssel: turbófúvó). A technológia munkába állítása folyamatban. Az üzemben a hűtés bizonyos préseknél nem optimális, ezért a további fejlesztések elsődlegesen erre a területre irányulnak.



3.8. ábra Léghűtő berendezés

3.8.2 Vízpermetes hűtés

Ez a hűtési forma sokkal intenzívebb mint a hagyományos léghűtés. Lényege, hogy atmoszférikusnál nagyobb nyomású vízzel kell permetezni a frissen sajtolt profilt (3.9.ábra). Ez általában párosul az előzőekben ismertetett léghűtéssel, a profilon maradó vízcseppek felszárítása végett.



3.9.ábra. Vízpermetes hűtés [27]

3.8.3 Vízágy

A 3.10. ábrán egy álló hullámú vízű hűtő berendezés látható, amely igen gyors hűtésre képes. Lényege, hogy a profilt nagy víztömegben nyomják keresztül. A fűvókák a vízágy két végén találhatók, 30°-os szögben úgy, hogy az azokból előtörő hűtővíz meghatározott magasságban megtartsa a közepén elhelyezkedő folyadékot.

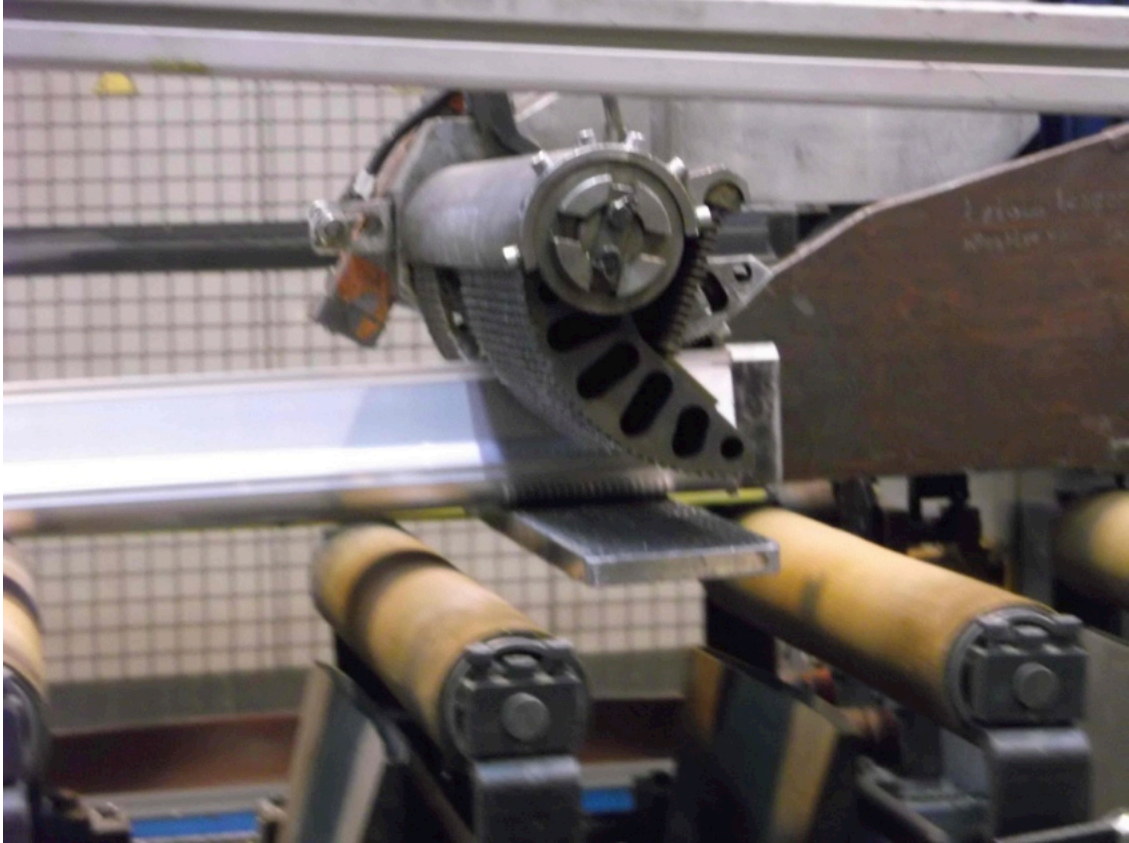
A berendezés nagyon hatékony, mivel a belépő profil hőmérséklete 550 °C a kilépőé pedig 60...70 °C, a hűlési sebesség ötvözetűtől függően 100...360 min/°C között helyezkedik el.



3.10. ábra Álló hullámú vízű hűtő berendezés

3.9 Szálkihúzó berendezés

A 3.11. ábrán egy szálkihúzó berendezés látható. Célja, hogy a félkész profilt kivezesse és kis mértékben húzó igénybevételnek vesse alá. Sebessége 0...100 m/perc; A feszültség értéke: 200...2500 MPa. Abban az esetben ha az elmozdulása eléri az 50 m-t megáll, és az asztal elején elhelyezett fűrész elvágja a munkadarabot.



3.11. ábra Szálkihúzó berendezés

3.9.1 Nyújtógép

Ezen berendezés a képlékeny alakváltozás, majd a gyors hűtés után a profilban keletkező belső feszültségeket csökkenti. A kezelők egy-egy betéttel ellátott satuba fogják az ötven méter hosszú profilt, és nyújtó igénybevételnek veti alá. A nyúlás maximális értéke nem haladhatja meg a 2 %-ot. Ezzel az értékkel még nem, reped fel a profil felszíne, és megfelelően csökkennek a belső feszültségek.

A gép feladata nyújtás és csavarás. A nyújtást egy 2000 mm lökethosszú munkahenger végzi, a csavarást egy csigahajtással működtetett alsó fej látja el. A csavarást feszített állapotban kell végezni.

3.10 Hevederes továbbító asztal

A hevederes továbbítóasztal funkcionálisan két célt szolgál. A már megnyújtott profilt a hevederek a készre vágó fűrész görgősora felé továbbítják, ez között és alatt elhelyezett ventilátorok hűtik a profilt.

A ventilátorok külön-külön 10.000 m³/óra levegőt képesek a profil felületére juttatni.

3.11 Készrevágó fűrész

Elsődlegesen a munkadarab kész hosszra vágása a cél. Emellett itt kerülnek kivágásra a préselés során kialakuló összehegedések, a nyújtás során deformálódott részek. Ennek nagy jelentősége van, például tartószerkezetek létrák és járműipari profilok esetében. A vágás után egy sűrített levegős berendezés lefújja a forgácsot a profil felületéről. Ezen a munkaállomáson az esetlegesen profilba kerülő forgács, egy sűrített levegős pisztollyal kerül eltávolításra.

3.12 Hőkezelő kemence

A munkadarabok hőkezelő munkaállomáshoz való eljuttatásához emelőeszközként alkalmazható anyagmozgató keretet, úgynevezett kalodát használnak. Tömegük és méretük miatt több munkás egyszerre, egyesével, több sor magasságba rakja a profilokat. Soronként több, méretre vágott alumíniumból készült távtartót helyezve közéjük. Nagyon fontos, hogy a profiloknak nem szabad egymáshoz érniük. Erre azért van szükség mert így a kemencében keringtetett levegő jobban jár a munkadarabok között, elősegíti a hőkezelést, majd az ezt követő hűtést is.

A megrakott kalodákat rádió-távvezérelt, és a csarnoki tető alatt mozgó darukkal viszik át a kemencéhez 3.12. ábra.



3.12.ábra Hőkezelő kemencébe igyekvő termékek

Az eredetileg „Tüki”-gyármátnyú kemence tüzelő- és keringtetőrendszereiben számos korszerűsítésen esett át. Meleg kocsis rendszerű, vagyis a szállító kocsit - amelyre a kalodákat rakják - is fel kell fűteni. A hőkezelés hőmérséklete 160...180 °C időtartama általában 6...8 óra. Az itt történt szövetszerkezeti változásokat a 2.6.2 Öregítés fejezet tárgyalja. Ezt a hőkezelést szobahőmérsékleten, egy két hónapos lágyítással lehetne elérni, illetve bizonyos anyagminőségű profiloknál az ún. hevertetés nem egyenértékű a mechanikai tulajdonságok tekintetében.

3.13 A Csomagoló

A már kihűlt profilokat a vevői igények kielégítése szerint csomagolják be, de előtte egy ellenőrzésen esnek át, ennek célja, az esetleges maradék forgács eltávolítása. Ez szükség esetén sűrített levegővel is történhet.

A csomagolás a következőképpen történik. Először fatalpakra helyezik a gondosan beállított fa léceket. Majd ezekre kerül egy sorban, kartonba csavart alumínium profil, az elválasztás érdekében. Ezek után egy sor profilt raknak rá, majd megint egy sor elválasztót. A végén pedig a megfelelő darabszám után fóliába csavarják, és kamionokra rakják.

3.14 Járműiparban alkalmazott profilok vizsgálatai

Az autóipari termékek gyártásánál kötelezően alkalmazott vizsgálatok a besajtolás minőségét ellenőrző makrovizsgálat, a szilárdságot ellenőrző szakítóvizsgálat, és a méret ellenőrzését szolgáló projektoros mérés. További vizsgálatok lehetnek például a nyomóvizsgálat, a törésteszt és a hajlítóvizsgálat.

3.14.1 Makrovizsgálat

Az autóiparban mindig, ettől eltérő esetben akkor ha a profil falvastagsága meghaladja az 5 mm-t, makrovizsgálatot kell végezni. A vizsgálat lényege, a kapott minták maratása és ez után szabad szemmel látható hibahelyek detektálása és jegyzőkönyvezése. A vizsgálatok a laboratórium vegyi fülkéjében kerülnek elvégzésre. A laborba szállított mintákat a kezelő tálcákba készíti a vegyifülkében úgy, hogy a présnél ráírt azonosítók felül láthatók legyenek (a lúg ne marja le azokat). Majd egy műanyag kancsóban kb. 20% töménységű NaOH oldatot képez és azt a minták alá önti. Kb. 15...20 perc alatt (ez függ az ötvözettől és az oldat töménységétől) a lúg eltávolítja a présnél mint a vágáskor a fűrész által elkent réteget és előtűnik a megmaratott felület. A maratásos vizsgálatnál 100 %-osan nem tudjuk feltárni a legkisebb hibákat is, de a nagy eltérések jól meghatározhatók és viszonylag nagy mennyiségű minta bevizsgálható egy műszakban. A besajtolás okai a direkt sajtolási eljárásnál, a préselés során a tuskó közepe „előre siet” a szél zónához képest. A szél zónában egyébként is magasabb a szennyező anyag koncentráció, mint a tuskó közepén, így a sajtolás végére mikor ez a szál zóna is részt vesz a sajtolásban már ez a koncentráció jelentősen megnövekszik. Ez a feldúsult rész a sajtolás végső szakaszában, bekerülhet a kisajtolat profilba. A profil súlyhoz viszonyítva nagy szerszám töltetek esetén, ez a hatás jelentkezése, eltolódhat a kisajtolat szál elejére.

Másik típusú a besajtolás, amikor a szerszámokban maradó megelőző tuskóból és az új tuskóból származó fém között a hegedés nem valósul meg. A fenti okok hatása, jelentkezése nagy tömör profilok esetén sokkal súlyosabb, mint az 1...2 mm falvastagságú munkadarabok esetén. Ez okozhat nem megfelelő mechanikai tulajdonságokat és megmunkálási problémákat a további feldolgozás során. Viszont a vékony falú profilok esetén sem teljesen kizárhatók az előzőekben felsorolt következmények. Valószínűbb, hogy ekkor esztétikai problémát okoz a besajtolás jelentkezése. A besajtolási folyamat makrovizsgálata a 3.13. ábrán látható.



3.13. ábra. Besajtolási sorozat makrovizsgálata

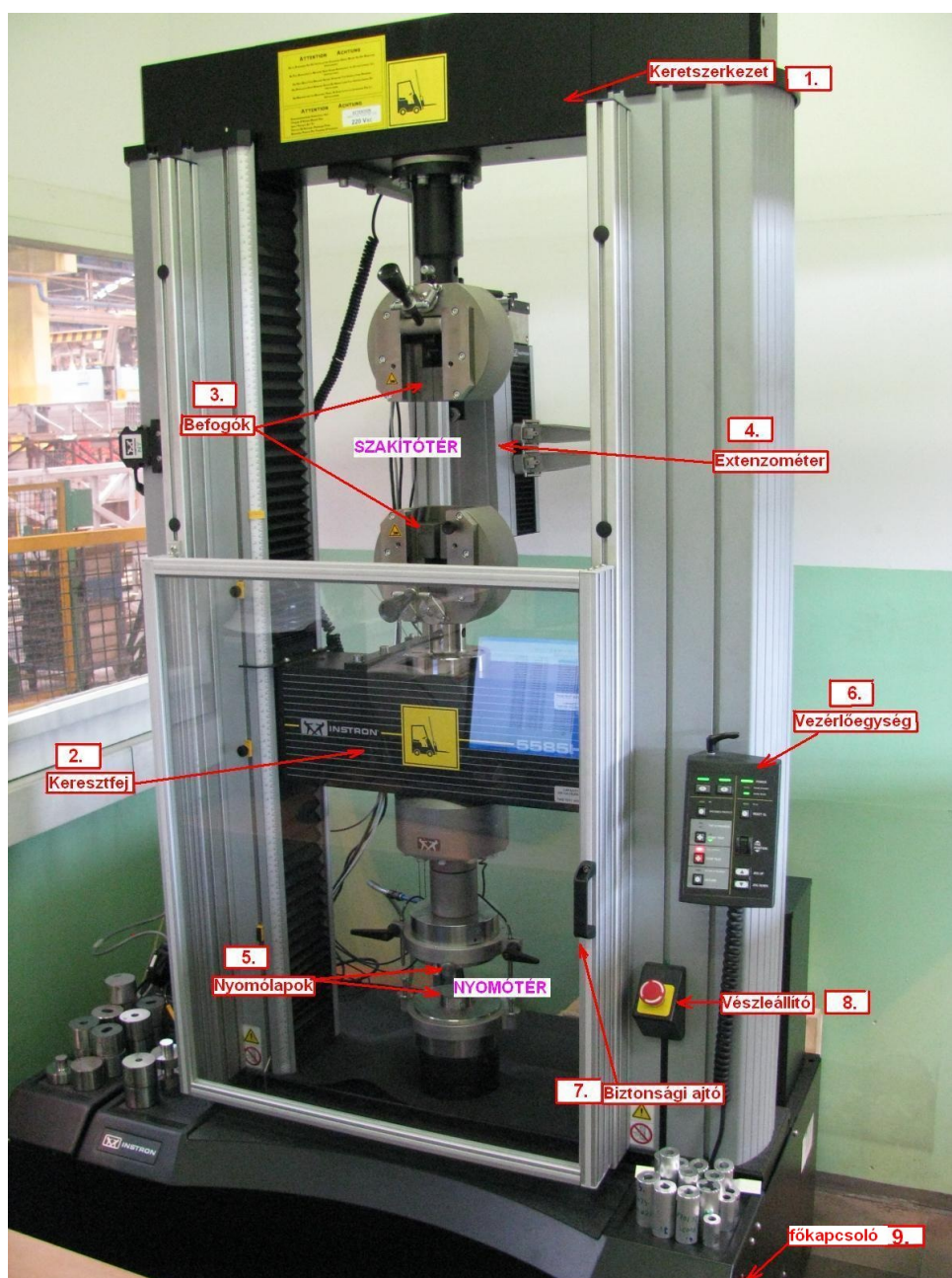
3.14.1.1 Szakítóvizsgálat

Mechanikai anyagvizsgálatokkal határozzuk meg az anyagok szilárdsági jellemzőit. A szilárdság az anyagok mechanikai igénybevételekkel szemben tanúsított ellenállásának célszerűen definiált mértéke. A termék szilárdságára (képlékeny alakváltozás határához tartozó megengedett feszültségre) történő méretezésekor veendő számításba. Fémek esetében ez a szám a rugalmas alakváltozás végét jelző érték, másképpen a folyáshatár. Acélok esetén ez eléggé könnyen meghatározható az alsó és felső folyáshatár. Alumínium esetén többnyire a lineárisan rugalmas vonaltól 0,2% maradó alakváltozásnyira kijelölhető a feszültség, ami húzásra és nyomásra közel megegyezik.

A fémek mechanikai minősítése a leggyakrabban szakítógörbék meghatározása alapján történik. A szakítóvizsgálati előírásokat EN ISO 6892-1 szabvány tartalmazza.

A beérkezett mintákból, fűrészgép és marógép segítségével szabványos méretű próbatesteket kell kivágni, majd be kell azokat mérni. Ezt követi maga a szakítóvizsgálat, ahol meghatározásra kerül a szakítószilárdság, az egyezményes folyáshatár, és az egyezményes nyúlás. Az anyagvizsgáló laborban négy olyan berendezés található, melyen szakítóvizsgálatot lehet elvégezni (3.14. ábra). Közös

jellemzőjük, hogy úgynevezett egytengelyű szakítóvizsgálóra alkalmasak. Az elszakítandó minta és a terhelő erő tengelye egy síkba esik. A maximális terhelő erő mindegyik berendezés esetén 50 kN lehet. Ez azért fontos, mert nagy szilárdságú és nagy falvastagságú termékek esetén mindig vizsgálni kell, hogy a próbapálca mérete és várható szakító szilárdsága alapján a terhelő erő ez alatt az érték helyezkedjen el. A próbapálcák szabványos méretét úgy kell kialakítani, hogy 50 kN erővel biztosan elszakíthatók legyenek.

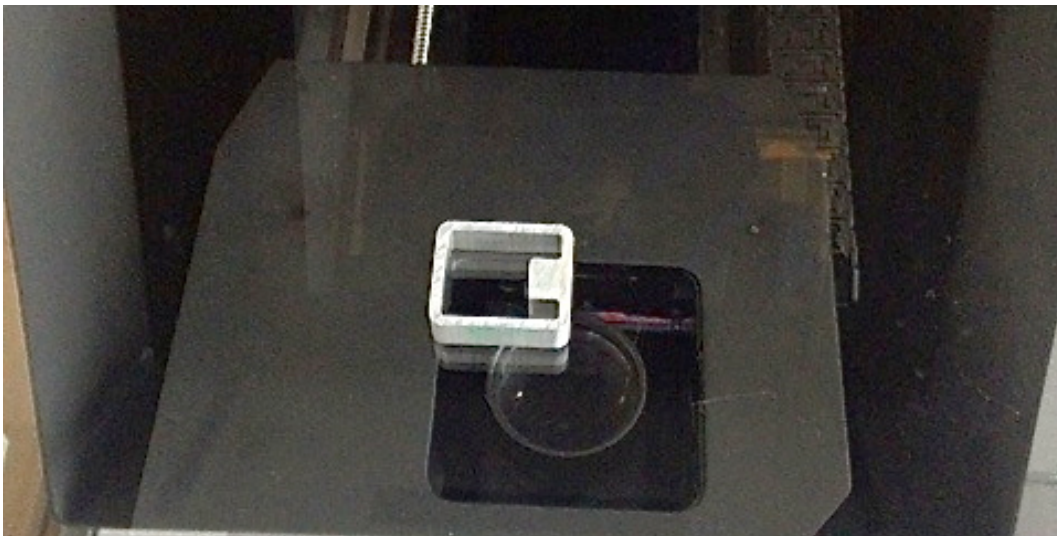


3.14. ábrára. Anyagvizsgáló laborban található Instron szakítógép

3.14.1.2 Projektoros vizsgálat

A projektoros vizsgálat célja, méret és alakellenőrzés, annak megállapítása, hogy a legyártott termékek a rajz előírásainak milyen módon felelnek meg.

A projektoros mérés nagy biztonsággal, pontos méret- és alakellenőrzést tesz lehetővé, és biztosítható azon méretek ellenőrzése is, melyeket a kézi méretellenőrzéssel és mérőeszközökkel nem lehet megvalósítani. Ezzel biztosítható a vevői igények magasabb szinten történő kielégítése, és pontos, precíz mérési jegyzőkönyvek készítése, a gyártott termékekről. Itt az alkatrész beolvasása síkban, egy berendezés segítségével történik (3.15.ábra).



3.15.ábra. Projektoros mérés

3.14.1.3 Törésteszt

Az autóiipari profilok választékának bővítésével jelentkező új igény az úgynevezett „crash” tesztek, töréstesztek bevezetése. Erre a vizsgálatra alkalmas a mellékelt 3.16.ábrán látható 150 T-s berendezés.

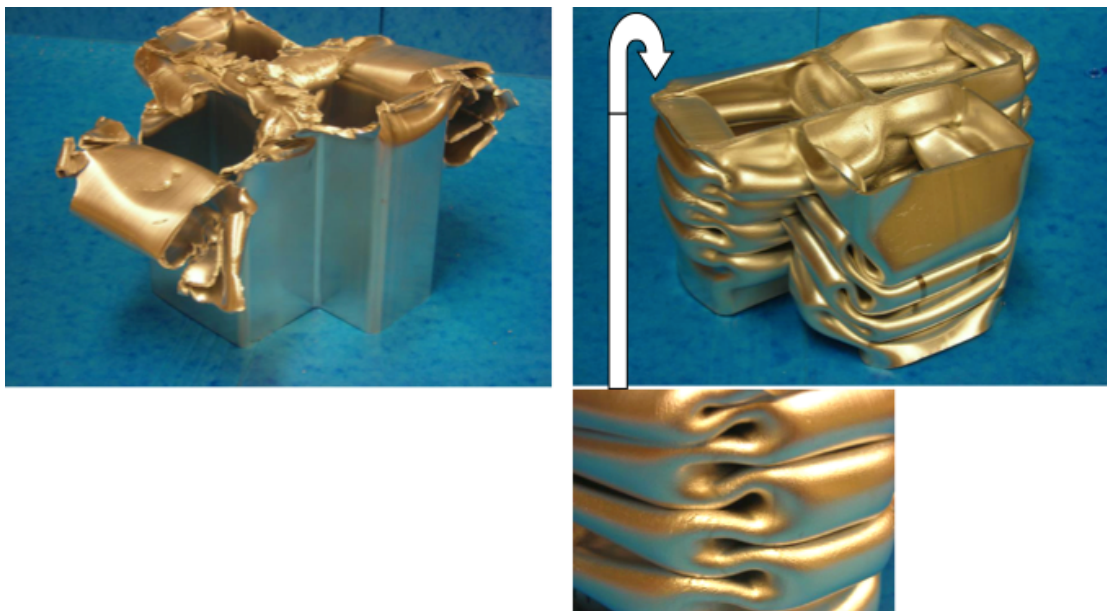
A berendezéssel előírt hosszra vágott mintákat beállított értékre lehet összenyomni, szimulálva az autógyári töréstesztnél fellépő alakváltozásokat. Ez azért is lehetséges, mert az alumíniumnál az alakváltozási sebességnek nincs jelentős hatása az anyag viselkedésére. A profil vizsgálata során a berendezés út-erő diagramot is készít. Ez általában csak az első minták esetén kerül mentésre, és később az NPI dokumentáció részét fogja képezni. Fontos tudni, hogy nem minden profil alkalmas töréstesztre, hanem csak zárt üreges és megfelelő keresztmetszetű munkadarabok esetén lehet azt elvégezni. Egyéb esetekben a profil kihajlik és nem „gyűrődik”. Ezek miatt tehát nem

minden termékre garantálható hogy képesek leszünk töréstesztre minősíteni, vagy minősítés paraméterei megfelelnek az előírásoknak. A törésteszt vizsgálat anyagai, minden esetben hőkezelt anyagok: üzemi hőkezelésen, vagy laborhőkezelésen estek át. A próbadarabokat a törésteszt mellett szakítóvizsgálattal is minősíteni kell.



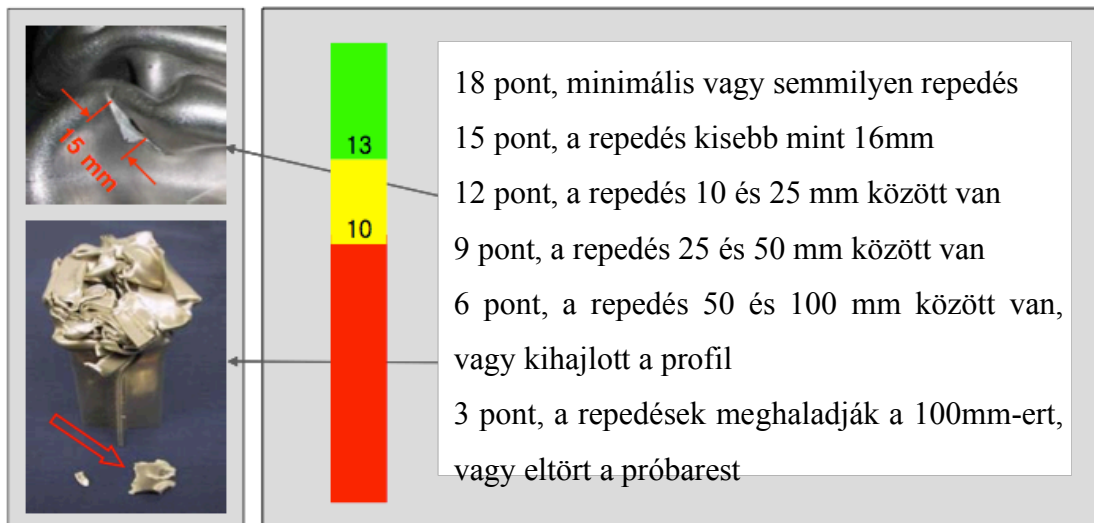
3.16. ábra. Laborvizsgálatok 150T-s berendezés [15]

Nagyon fontos jellemzők, mint a profil szövetszerkezete és mechanikai tulajdonságai a sajtolás utáni hűtés intenzitásával állíthatók be. Intenzívebb hűtés esetén kedvezőbb mechanika tulajdonságok érhetőek el lásd 3.7 fejezet Hűtő berendezések.



3.17. ábra. A bal oldali ábrán egy léghűtéssel, és normál öregítéssel, a jobboldalin pedig egy intenzív vízhűtéssel és speciális öregítéssel készült profil látható, a törésteszt után (Mindkét ötvözet 6005 A) [15]

A törésteesztéknél nagyon fontos, az összenyomódás hatására keletkező felszakadás elkerülése, ezt az autógyártók általában nem tolerálják. A fenti 3.17. ábrán jól látható, hogy a léghűtéssel kezelt profil gyakorlatilag alkalmatlan „crash” alkatrésznek. A jobboldalin nem láthatóak felszakadások, tehát tökéletesen alkalmas arra, hogy járművekbe beépítsék. A legtöbb esetben a profilok a törésteeszt előtt még egy hőkezelésen esnek át.



3.18.ábra. Mercedes törésteeszt elvárások, az összenyomott profil pontozása [16]

Az 3.18. ábrán a Daimler AG által a beszállítói felé előírt szabványból kivett részlet látható. A szabvány többek között tartalmaz egy az ábrán látható pontozási módszert, miszerint 13...18 pontot azok a próbatestek kapnak, amik egyáltalán vagy csak minimális repedésekkel rendelkeznek a törésteeszt elvégzése után (repedés mérete max 10 mm). 10...12 Pont még elfogadható, ezeknél a repedésméret nem haladhatja meg a 25mm-t. Ezek az ötvözetek jelentik a sárgával jelölt részt a skálán. 9 pontot jelent ha a repedések 25 és 50 mm között vannak. 6 pontot ha 50 és 100 mm között, illetve hogy ha törés is jelentkezik. 3 pontot pedig ha durvábbak mint 100 mm és ha kihajlott vagy kitörött a profil.

4 A probléma részletes megoldása

A dolgozat tárgyát képező crashbox személygépkocsiba készül. Mivel ez egy speciális energiaelnyelő elem, különleges, erre a célra kifejlesztett ötvözetből kell készülnie. Szívós az energiaelnyelése miatt, és szilárd az utasok védelme érdekében. Ezen alapanyag ára természetesen jóval meghaladja a hagyományos alumínium ötvözetekét. A gyárak költség csökkentésének irányelvei alól természetesen ez az alkatrész sem képez kivételt. Ezért megpróbálják hagyományos ötvözetből előállítani a profilt. Ez a törekvés több problémát vet fel, elsősorban azt, hogy az alkatrész nem fog megfelelni az ilyenkor használatos törésteszteknek.



4.1. ábra. Összeszerelt és tesztelt crashbox

A különböző járműgyártó cégek mind-mind saját szabvánnyal dolgoznak, de ezek általában nagy hasonlóságot mutatnak. Ezekre a profilokra nominanciát próbálnak szerezni, saját kémiai összetétellel, homogenizálással, sajtolási paraméterekkel, hőkezelési ciklusokkal. A káros anyag kibocsátás csökkentését célzó folyamatos súlycsökkentés, miatt, az összes gyűrődő elemet kisebb folyómeter súly, és magasabb

sűrűségű kombinációban kéri. A 4.1.táblázat összefoglal néhány ötvözetet, a folyáshatár függvényében.

R_{p0,2}	Jelölések
min 200 [MPa]	C20/ DBL4919.10
min 240 [MPa]	C24/ DBL4919.30
min 280 [MPa]	C28/ DBL4919.40
min 320 [MPa]	C32/.....

4.1. táblázat. Általában használt ötvözetek folyáshatár értéke, és jelölése

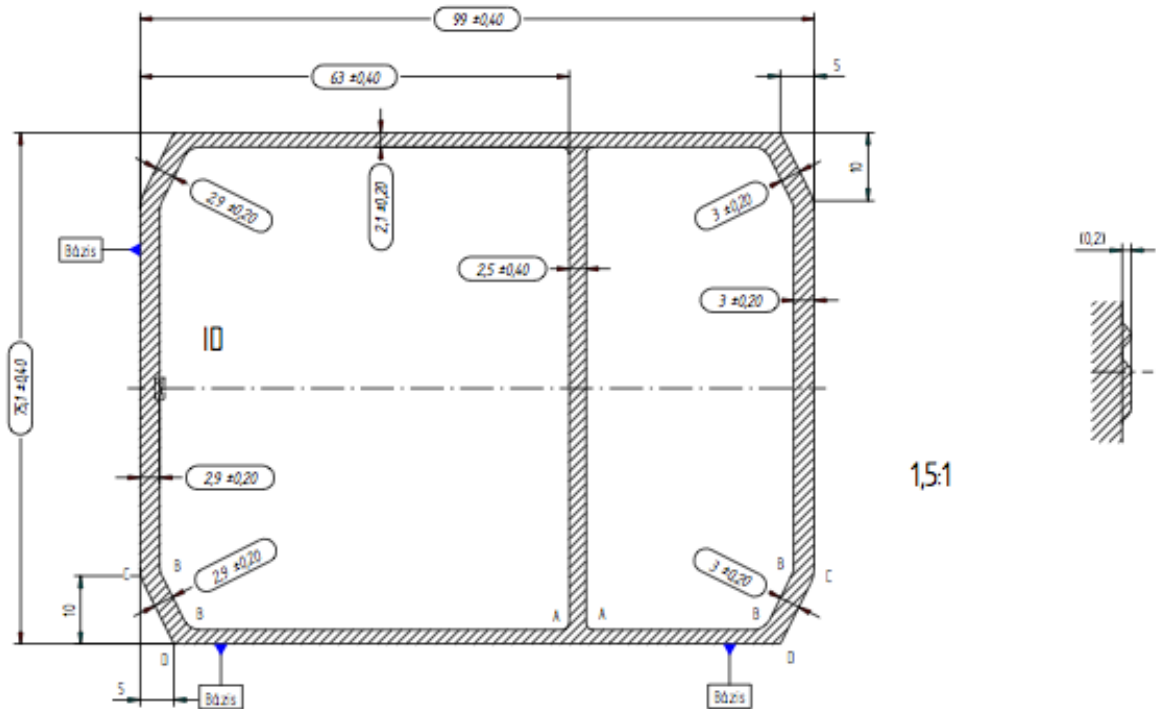
A dolgozat tárgyát képző crashbox esetében a vevő először teszteli a profilokat, hogy megtalálja a crashbox alkalmazása, felhasználása szempontjából megfelelő (beépítési és szilárdsági) paramétereket. A használt 6063 T6-os ötvözethez előírt szilárdsági elvárások az $R_m > 230 \text{ Mpa}$, $R_{p0,2} > 205 \dots 235 \text{ Mpa}$, $A > 12\%$. A vevő kétféle szilárdságú profilt kér, az egyik a folyáshatár alsó értékéhez közelítsen, a másik a felsőhöz. Mindkét esetben vizsgálatot kell végrehajtani töréstezzttel együtt. Ezen felül még kétféle hosszra van szükség mindkét ötvözetből. 145 és 175 mm hosszúságban. Majd a tesztek után, a vevő dönti el, hogy melyik szilárdsággal, milyen hosszban a legmegfelelőbb az alkatrész, ekkor kell majd az első mintákat szállítani, egészen addig csak a tesztprofilok küldésére kerül sor.

4.1 Első lépések

2013. június.18.-án történt meg a szerszámrendelés, majd ezt követően július 9.-én érkezett be az üzembe. A vevőnek nagyon sürgős volt a gyártás, ezért július 19.-ére várta a kész profilokat, de sajnos ez a határidő nagyon szorosnak, teljesíthetetlennek bizonyult.

Abban a pillanatban, hogy a szerszám megérkezett, egy próbasajtolás került elvégzésre, léghűtés használatával a négyes présen. Ebből kiderült, hogy a szerszám nem volt megfelelő, a kész profilon nem passzoltak a méretek, vastagabbak voltak a falak a kelleténél, és homorúság is keletkezett. Azért a négyes présre esett a választás, mert a folyómétersúly miatt erre a présre ideális (320x200). Rendelkezik léghűtéssel, vízpermethűtéssel és vízággal is, bár az első próbasajtolásnál, csak a léghűtés került

alkalmazásra, mert a profil tűrései nagyon szigorúak voltak (kardosság és elcsavarodottság 0,3 mm/m) ezen értékek tartása vízágygal nem teljesíthető. A profil méretei a 4.2. ábrán láthatóak.



4.2.ábra. A cég belő rajza a profilról

Mint később kiderült, ennél a profilnál a léghűtés nem elegendő a töréstezt szempontjából. A vevő a folyómétersúlyra vonatkozólag 2,5 % eltérést engedélyezett. A gyártott profil folyómétersúlya 2586 g/m a tűrés alsó határa viszont 2600 g/m (nominális 2667 g/m) sajnos ennek a kritériumnak nem felelt meg. A vevő kért még a saját tesztjeihez egy minimális és egy maximális folyáshatárral rendelkező ötvözetet. Az egyik folyáshatára 205, a másiké 235 MPa volt. A szakítószilárdság minimális értéke 230 Mpa, a nyúlásnak pedig nagyobb-egyenlőnek kell lennie 12%-nál.

4.1.1 Laborvizsgálatok 1

A Laborvizsgálatok, többféle típusú hőkezelési eljárás szerint végzett töréstanulmányból, és szakítóvizsgálatból állnak. A profilt átlagban 200 mm hosszúságúra vágjuk, majd a mintákat a laborkemencében különböző hőkezeléseknek vetjük alá. 155 °C-on 5,5 óra, 6,5 óra, 7,5 óra hőtartással 4.2.táblázat. Az előzőekben leírtak alapján, a léghűtés intenzitása nem elegendő a töréstanulmány sikerességéhez, de sajnos a széria már eleve selejt volt, az eltérő folyómétersúly miatt.

Hőkezelés (Hőmérséklet;idő)	R _m [MPa]	R _{p0.2} [MPa]	A[%]
155°C; 5,5 óra	255	204	16
	262	208	17
155°C; 6,5 óra	266	224	13
	269	226	14
155°C; 7,5 óra	275	238	13
	273	236	14

4.2. táblázat. Laborhőkezelési eredmények



4.3. ábra. léghűtéssel készült profil

Ahogy a 4.3. ábrán is látható, a léghűtéssel készült profil, a töréstanulmány során, nem gyűrődik, hanem szétmorzsolódik. Ezek alapján nem megfelelő.

4.2 Szerszámmódosítás

A következő próbasajtolás szintén a P4-es présen került elvégzésre. A szerszámon javítottak. Mivel itt a léghűtés a megfelelő törésszthez nem elegendő, ez alkalommal vízpermetes hűtést került elvégzésre. Sajnos a szerszámot nem sikerült kellő képpen módosítani, alak és szöghiba jelentkezett. De ennek ellenére a szövetszerkezet megfelelőségének vizsgálata érdekében, labortesztekre volt szükség. A 4.4. ábrán a három részből álló, kiszerezelt korrekcióra váró szerszám látható.



4.4.ábra. Korrekcióra váró, tisztított szerszám

4.2.1 Laborvizsgálatok 2

Az itt elvégzett vizsgálatok azonosak a Laborvizsgálatok 1 fejezettel. Ugyanazon hőkezelési eljárások kerültek elvégzésre, viszont ez alkalommal, a vízpermetes hűtés miatt a szilárdság mellett már a törésteszt is megfelelő lett. Az eredményeket a 4.3.táblázat tartalmazza.

Hőkezelés (Hőmérséklet,idő)	R _m (MPa)	R _{p0,2} (MPa)	A(%)
155°C, 5,5 óra	258	213	16
	263	211	16
155°C, 6,5 óra	268	225	14
	269	225	14
155°C, 7,5 óra	275	235	15
	276	238	15

4.3. táblázat. A második laborvizsgálat első részének hőkezelési eredményei

A hőkezelési eredmények azt mutatták, hogy különbség van a vízpermetes és a léghűtés között. Ez abban nyilvánult meg, hogy mind 5,5 mind 7,5 óra hőntartás esetén a profil folyáshatár értékei a kelleténél magasabbak. Emiatt a 4.4. táblázatban is látható 5 és 7 órás hőkezelés került elvégzésre. Az ehhez kapcsolódó törésteszt eredményét, a 4.5. ábra szemlélteti.

Hőkezelés (Hőmérséklet,idő)	R _m (MPa)	R _{p0,2} (MPa)	A(%)
155°C, 5 óra	248	203	14
	247	204	14
155°C, 7 óra	271	230	14
	267	231	14

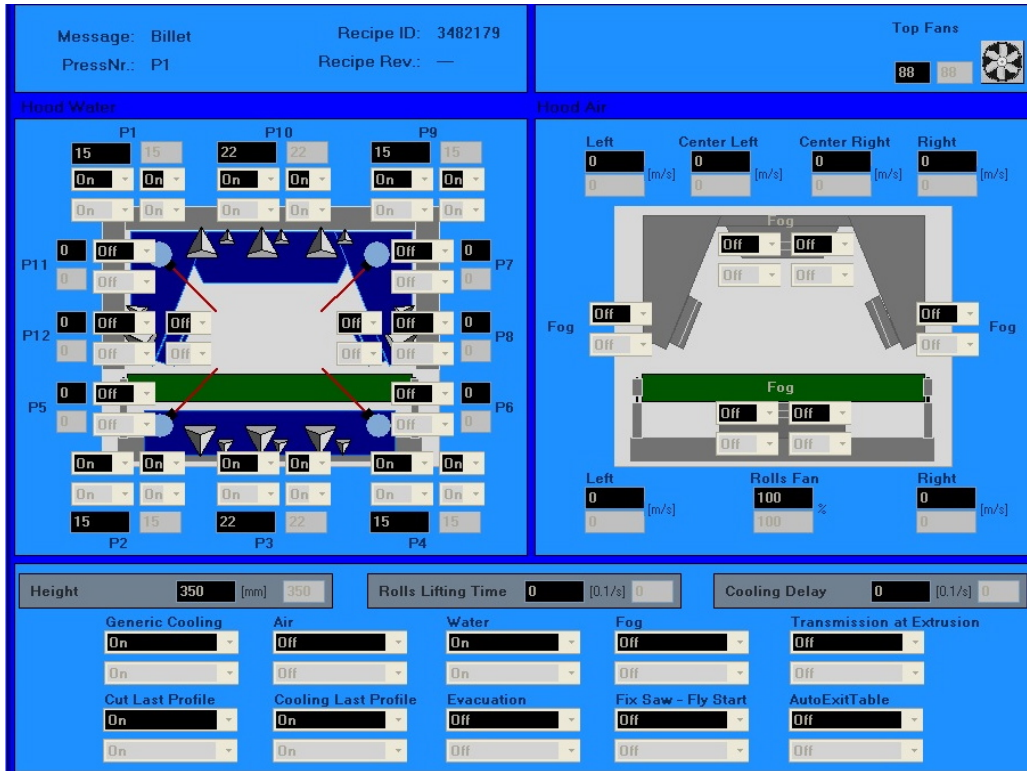
4.4. táblázat. A második laborvizsgálat második részének hőkezelési eredményei



4.5. ábra. A második laborvizsgálat töréstesztjének eredménye

4.3 Harmadik Próbasajtolás az 1-es présen

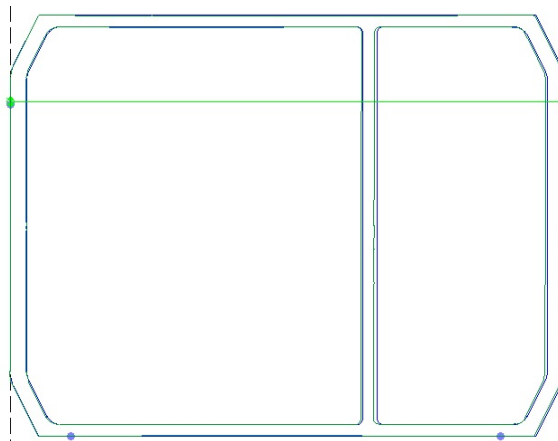
Az ismétlődő problémák miatt a Projektmérnök kezdeményezésére a szerszám áthelyezésre került a P1-es présre. Ezen a présen, a vízpermetes hűtés sokkal intenzívebb (4.6.ábra), emellett többféleképpen állítható. Ez előfeltétele a megfelelő töréskeresztnek.



4.6.ábra. A P1 présen beállítható többféle hűtési mód

A szerszám korrekció sikeres volt, a geometriai méretek is megfelelőek, és a szilárdsági értékek is kielégítőek. A mérési eredmény a 4.7.ábrán látható.

Sl No.	Nominal	Actual	Status	Tol. ti	Uppertol	lowertol	Class.
1	99,000	98,710	OK	0,000	0,400	0,400	
2	99,000	98,660	OK	0,000	0,400	0,400	
3	99,000	98,720	OK	0,000	0,400	0,400	
4	63,000	62,750	OK	0,000	0,400	0,400	
5	63,000	62,760	OK	0,000	0,400	0,400	
6	63,000	62,760	OK	0,000	0,400	0,400	
7	75,100	75,050	OK	0,000	0,400	0,400	
8	75,100	74,790	OK	0,000	0,400	0,400	
9	75,100	74,880	OK	0,000	0,400	0,400	
10	75,100	75,040	OK	0,000	0,400	0,400	
11	2,900	2,790	OK	0,000	0,200	0,200	
11	2,900	2,770	OK	0,000	0,200	0,200	
12	2,900	2,940	OK	0,000	0,200	0,200	
12	2,900	2,740	OK	0,000	0,200	0,200	
13	3,000	2,980	OK	0,000	0,200	0,200	
13	3,000	2,960	OK	0,000	0,200	0,200	
14	3,000	3,030	OK	0,000	0,200	0,200	
14	3,000	2,980	OK	0,000	0,200	0,200	
15	2,100	2,090	OK	0,000	0,200	0,200	
15	2,100	2,010	OK	0,000	0,200	0,200	
16	2,500	2,330	OK	0,000	0,400	0,400	
16	2,500	2,270	OK	0,000	0,400	0,400	
17	0,000	0,060	OK	0,000	0,300		
18	0,000	0,050	OK	0,000	0,300		



4.7.ábra. A profil méretellenőrzése

4.3.1 Laborvizsgálatok 3

A gyártás másik présre került át, más intenzitású vízpermetes hűtéssel, ezért a hőkezelési értékek úgyszintén megmaradtak a Laborvizsgálatok 2-ben bevált 5 és 7 órán. A laborhőkezeléseket követően a profilokat ismételten szakítóvizsgálatnak és törésteszteknek vetették alá. A korábbi tapasztalatok alapján most már csak kétféle tesztet végeztek, a 155 °C 5 órás, hőkezelés biztosította az alacsonyabb folyáshatárú profilt $R_{p0,2}=205$ MPa. A 155 °C 7 órás, pedig a magasabb folyáshatárút $R_{p0,2}=235$ MPa (4.5.táblázat), eredményét pedig a 4.8.ábra szemlélteti.

Hőkezelés (Hőmérséklet,idő)	R_m (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A(%)
155°C, 5 óra	253	204	17
	254	207	16
155°C, 7 óra	270	235	14
	268	232	15

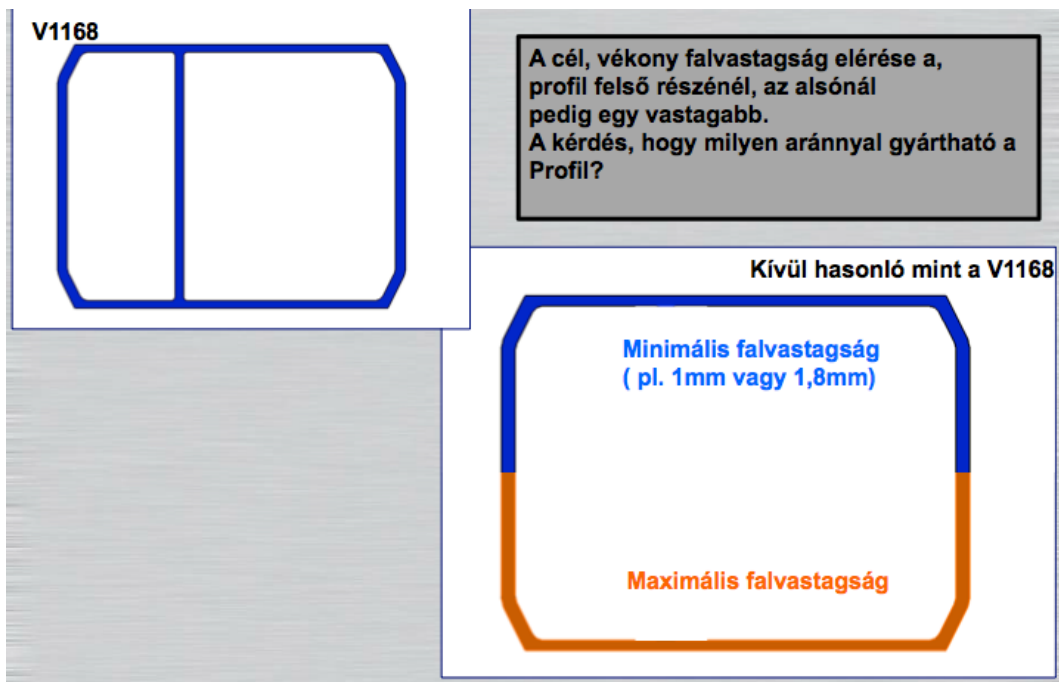
4.5.táblázat. A harmadik laborvizsgálat hőkezelési eredményei



4.8.ábra. A harmadik laborvizsgálat töréstesztjének eredménye

4.4 További irányelvek

A vevőnél eközben elvégzésre kerültek az előzetes tesztek. Ezek eredményei alapján módosításra van szükség (4.9 ábra). A változásoknál teljes egészében elhagyásra kerülne a profil belső felében lévő merevítés, valamint a profil alsó fele vastagabbra a felső pedig vékonyabbra, 1...1,8 mm változna. Ezen felül további tesztelés céljából szükség van olyan profilokra, melyek szakítószilárdság értéke alacsonyabb 230 MPa-nál, $R_{p0,2}=175...205$ MPa (ezen belül is 175...180 MPa), $A=12\%$



4.9. ábra. A vevő további kérései

Belátható, hogy crashboxot alacsonyabb ára ellenére sem ajánlott hagyományos alumínium ötvözetből készíteni, mert nem felel meg az autóiparban használatos törésteszteknek.

Látható a jelen munkából, hogy a gyártás megvalósítása és fejlesztése is egy nagy szakértelmet igénylő bonyolult folyamat. Nem beszélve egy új termék bevezetéséről, tesztfázisáról. A dolgozatból cél volt ezt is érzékeltetni, hogy mennyire bonyolult az autóiparban egy új termék bevezetése, még akkor is, ha csak egy ilyen egyszerű keresztmetszetű alumínium profilról van szó. Látható, hogy hónapokig tart, míg a próbasajtolás elindul, mire beállítják a kívánt szilárdsági és szívóssági értékeket, hogy az alkatrész megfeleljen a különböző elvárásoknak. Csak ezután következhet a tényleges gyártás.

5 Összefoglalás

A dinamikai tulajdonságok javítása mellett, a növekvő üzemanyagköltségek is arra ösztönzik a járműgyártókat, hogy minél könnyebb alapanyagokból építsék fel szerkezeteiket. Ezen törekvés napjainkban legjobban az autógyártásban figyelhető meg.

A feladat egy a Sapa Profiles Kft által gyártott crashbox (ütközést elnyelő) alkatrész technológiai és vevői problémáinak vizsgálata volt. A vevő a hagyományos ütközési energiát elnyelő ötvözetek helyett, normál alumíniumból szeretné legyártatni az alkatrészt. A dolgozat az itt felmerülő problémákkal foglalkozik.

A Sapa tevékenysége a tervezéstől a gyártásig mindent magába foglal. Így nem csak termékeket, hanem komplett megoldásokat kínál fel partnerei számára.

A dolgozat első felében a SAPA székesfehérvári üzeme kerül bemutatásra, majd az alumínium előállítás és sajtolása. Ezt követi a közlekedési eszközök felsorolása, majd annak bemutatása, hogy ezek esetében miért célszerűbb alumíniumot használni, más alapanyagokkal szemben. Ezt követi az autógyártásban használatos ISO/TS minőségbiztosítási rendszerek, és a crashbox energiaelnyelő elem bemutatása. Összefoglaltam a gyárban található termékek gyártását a tuskótól a késztermék csomagolásáig. Ezután következnek az egyes autógyártási termékek vizsgálatai. A kísérleti részben, a kiválasztott profil vevői és technológiai problémáinak megoldása következik.

A dolgozat bemutatja, hogy crashbox alacsonyabb ára ellenére sem készíthető normál alumínium ötvözetből, mert nem felel meg az autógyártásban használatos törésszteknek, készíthető viszont a célra alkalmas alumínium ötvözetből.

6 Summary

Due to improve the dynamic performance and the rising of fuel costs, vehicle manufacturers build their vehicles from lighter materials.

The task was a test of technological and customer's problems of crashbox manufactured by Sapa Profiles Kft. Instead of the conventional shock absorbing alloys the customer would like to manufacture the part from standard aluminium. The Thesis engage with problems of this.

The company's first factory was established in 1963 Vetlanda Sweden. During the latest decades, the company become the largest in the markt of the aluminium profiles manufacturing. 30% of this products are sold to the automotive industry. Sapa also makes research and produktion. The company have factories in Europe, North America and Asia.

First part of the thesis will present the Sapa Factory in Székesfehérvár and the production and extrusion of aluminium. The following part of the thesis is about of vehicle and analyse why is aluminium better than steel. The next by the presentation of the production of the product from the factory. This is followed by the presentation of some tests of automotive products. Then comes the experimental part of the selected profile, and solve customer and technology problems.

Essentially it will be appreciated that despite the lower price of crashbox cannot be made of standard aluminium alloys, because it does adequacy the test of automobil industry.

7 Irodalomjegyzék

- [1] Kémiai kislexikon (Dr. Makkay Ferenc, [Kriterion Könyvkiadó](#))
- [2] A Pallas nagy lexikona (Révai Testvérek Budapestén)
- [3] *Pattantyús: Gépész- és Villamosmérnökök Kézikönyve* 2. Kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
- [4] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kisajtolás> (a sajtolásról általában)
- [5] Dr. Kiss Ervin szerk.: *Képlékeny alakítás*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- [6] <http://www.sapagroup.com/hu/sapa-profiles-kft/> (Az üzemről általában)
- [7] Dr. Köves Elemér *Alumínium kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [8] <http://www.autoversicherung-online.info/KFZ-Lexikon/C/Crashbox> (Chrashbox leírása)
- [9] <http://tufast-racingteam.de/bauteil/crashbox> (Chrashbox, kép)
- [10] <http://www.azom.com/news.aspx?newsID=11226> (A crashboxról általában)
- [11] <http://www.flh2o.com/about/safety-crash-box.php> (Verseny motorcsónak crashbox, kép)
- [12] <http://www.astonmartin.com/cars/rapide-s> (alumínium az autógyártásban)
- [13] http://www.rusal.ru/en/aluminium/key_markets/north_america.aspx (Alumínium a járműgyártásban, kép)
- [14] Sapa Profiles Kft ISO9001 és ISOTS16949 AUDIT (FELÜLVIZSGÁLATI AUDIT) 2013.Április. 08-12 Oktatási anyag
- [15] Cras alloys and high strength allosy (Ferrari visit Finspång/Vetlanda 24-25 February 2011) Sapa Automotive
- [16] Mercedes-Benz Liefervorschrift DBL 4919 Ausgabedatum: 2009-03 Seiten insgesamt (inkl. Anhang): 9 Fachbetreuer: Alfons Honsel Werk 050; Abt.: PWT/VFT
- [17] SAPA Extrusion training: Aluminium and aluminium alloys *Presented by Koronczi István 16.02.2012*
- [18] <https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/pictures/files/17800/large.jpg?1359046003> (Chrashbox felépítése)
- [19] <http://www.vda-qmc.de/index.php?id=21> (ISO/TS 16949)
- [20] <http://www.iafglobaloversight.org> (ISO/TS 16949)
- [21] Köhler Imre: *Alumínium sajtoló-húzó-kovácsoló szakmai ismeretek*, Kiadás éve 1982

- [22] Kittel C.: *Bevezetés a szilárdtestfizikába*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998
- [23] Voith Márton: *A képlékenyalakítás elmélete – Nagy alakváltozások tana*. Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998.
- [24] Verő József, Káldor Mihály: *Fémtan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- [25] Dr. Kisfaludy Antal, Dr. Réti Tamás, Tóth László: *Anyagtechnológia I. BMF BL 454*, Budapest 2004
- [26] www.bgk.uni-obuda.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany1/gyakorlat/ujrakrist.doc , Fémek újrakristályosodása (Vakancia és diffúzió meghatározása)
- [27] Pradip K. Saha: *Aluminium Extrusion Technology*, ASM International Material Park, Ohio 2000 (Vízpermetes hűtés, kép)