



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

PALKÓ RÓBERT

2024

DUNAÚJVÁROSI EGYETEM



**TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
DOLGOZAT**

**KIVÁGÓ HAJLÍTÓ PRÉSSZERSZÁM
ÉLETTARTAM HOSSZABBÍTÁSA**

Témavezető:

Dr. Szabó Andrea

Dr. Wizner Krisztián

Hallgató:

Palkó Róbert

Szak: Anyagmérnök

2024

Rezümé

A dolgozatomban egy 2024-es projektemet prezentálom, amely során egy kivágó-, hajlító présszerszám átalakítását végeztük el a stabilitás, valamint a hatékonyság növelése céljából. A 400-005-ös szerszám élettartam garanciájának lejártával lehetőségünk nyílt a szerszámnak nem csak a felújítására, hanem modernizálására, átalakítására.

A prezentációt a szerszám átalakítás okával kezdem, majd a régi és az új alapanyagok összehasonlítását mutatom be. Ezt követően már a sorozatszerszám tervezésének fejezete olvasható, melyet a számítógéppel segített tervezés ismertetése, - illetve magának az alkalmazott tervezőprogramnak a bemutatása nyit. Bemutatom a régi és az új szerszám konstrukcióját. A következő fejezetben összehasonlítom a régi és az új vágó és hajlító elemek alapanyagainak a gyártás technológiáját. Bemutatom a régi és az új vágóelemek hőkezelésének a különbségét és a kivágó, hajlító elemek bevonatolásához alkalmazott bevonatolási eljárásokat. Dolgozatomat a szerszám átalakítás és a termelési eredmények bemutatásával zárom.

Tartalom

1	Bevezetés.....	3
2	Kivágó hajlító szerszám módosítása	4
2.1	Probléma felvetés.....	4
3	Az autóiparban használt lemezanyagok fejlődése.....	5
3.1	A HSD acélok jellemzői:	5
3.1.1	S420MC.....	6
3.1.2	S550MC	6
4	Számítógéppel segített tervezés	8
4.1	A CAD helyzete a jelenben.....	8
4.2	A SOLIDWORKS tervezőprogram	8
5	Szerszámtervezés	10
5.1	Régi szerszám működése és hiányosságai	10
5.2	Az új szerszám	12
5.2.1	Szerszám alsórész	12
5.2.2	Szerszám felsőrész.....	13
5.3	Az alkatrészt gyártó prés gép bemutatása	16
6	Vágóelemek.....	18
6.1	Böhler K110 DIN 1.2379, X153CrMoV12	18
6.1.1	Böhler K110 előállítás.....	19
6.2	Böhler K490 MICROCLEAN	20
6.2.1	Porkohászati porok gyártása	21
7	Hőkezelés	24
7.1	Az edzés.....	24
7.2	Az acélok fő és járulékos ötvözői	24
7.3	Böhler K110 hőkezelése	26
7.3.1	Folyamatos hűtés.	27
7.3.2	Magashőmérsékletű megeresztés.....	28
7.4	K490 hőkezelése.	29

7.4.1	Folyamatos hűtés.	30
7.4.2	A magas hőmérsékletű megeresztés.	31
8	Keménységmérés	32
8.1	Rockwell keménységmérés.....	32
9	Vágóelemek bevonatolása.....	34
9.1	PVD bevonatok.....	34
10	Eredmények bemutatása.	36
	Irodalom jegyzék	37
	Ábrajegyzék.....	39

1 Bevezetés

Napjaink fokozott minőséget követelő iparában a lemezalkatrészek szükségessége megkérdőjelezhetetlen. A hagyományos elveken alapuló hidegalakító eljárások már nem tudják felvenni a versenyt a növekvő minőségi és mennyiségi követelményekkel, így szükségessé vált az eljárások továbbfejlesztése. Ennek eredményeképpen a gyártásban megjelentek a kombinált kivágó hajlító szerszámok és a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra.

A járművek fejlődésének egyik meghatározó eleme az autóipar szűkebb értelemben a tartókomponensek és a különböző elemek összekapcsolásához szükséges szegmensek gyártása.

A dolgozatom célja egy kivágó hajlító sorozatszerszám átalakítási projektjének bemutatása. A projekt célja a 400 005-ös sorozatszerszám átalakítása a modern technikai megoldások beépítésével a gyártás stabilitásával, valamint a hatékonyság növelésével.

2 Kivágó hajlító szerszám módosítása

2.1 Probléma felvetés

A 400005-ös szerszámot 2011.09.21-én adtuk át a termelés részére. Az akkori szerződésben 5.000.000 millió db vagy 7 éves élettartam szerepelt. A szerszámon ezidő alatt is sok apró változtatást eszközöltünk. Megerősítettük az alaplapot, az oszlopokat kicseréltük nagyobb átmérőjűre. Nagyobb átalakításra nem volt lehetőségünk. A szerszám élettartamát 2018-ban is meghosszabbították, de az akkoradott keret összegek csak a karbantartásra fordíthattuk. Ezek az összegek csak a pótkomponensek gyártására voltak elegendőek. A 2023 végén a vevő egy újabb élettartam hosszabbítást kért. A szerszámmal a 13 év gyártás során 14 millió db alkatrészt gyártottunk. Ezért a főbb elemek cseréjére elkerülhetetlen volt. A 13 év alatt sok konstrukciós hibát kiküszöböltünk, de voltak olyan nagyobb szerszám elemek amelyeket egy az egyben cserélnünk kellett. Az újabb élettartam hosszabbítás párosult a termék alapanyag váltásával. S420MC helyett S550MC-re változott. Az S550MC anyag nagyobb szakító szilárdsággal rendelkezik. A vevő által kért az újabb élettartam hosszabbítás lehetővé tette a szerszám teljes átalakítását ezáltal kiküszöbölve a konstrukciós hibákat amelyek nagymértékben befolyásolták a szerszám termelési mutatóit. Az 5. táblázatban a 2023-as OEE gyártási eredmények láthatóak, amelyről leolvasható a szerszám hatékonysága. A kimutatás a teljes munkaidőt veszi maximális értéknek, így a kalkulált veszteségidőket (beállítás, mérés, felszerelés, kötelező szünet) levonva kapjuk meg a szériacélt, amely a szerszám átalakítása előtt 45% volt.

Széria cél 2023-ban OEE>45%												
Átlag OEE	2023-01	2023-02	2023-03	2023-04	2023-05	2023-06	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12
400 005	33%	22%	37%	31%	46%	45%	31%	37%	12%	21%	47%	38%

1. táblázat 2023-ban elért gyártási eredmények [14]

3 Az autóiparban használt lemezanyagok fejlődése

A lemezalakítás mögött mindig az autóipar állt, így az autógyártás követelményei, fejlesztései meghatározó szerepet játszanak a lemezalakítás fejlődésében is. A gépjárműiparban résztvevők között rendkívül éles verseny figyelhető meg számos területen, többek között a felhasznált anyagok területén is. A járművek egyes alkotóelemeinek gyártásakor a támasztott követelmények igen magasak.

Az autóiparban gyakran ellentmondásos igényekkel és követelményekkel szembesülhetünk. A felhasznált anyagok tömegének csökkentése az alacsonyabb fogyasztás, jobb teljesítmény és kevesebb károsanyag-kibocsátás érdekében. Ugyanakkor ismert, hogy az anyagok szilárdságának növelésével az alakíthatóság jelentősen csökken. Ezek a feltételek azonban a hagyományos anyagokkal és a hagyományos gyártási eljárásokkal nem kivitelezhetők. Ennek eredményeképpen a gyakran ellentmondásos követelmények teljesítése a fő hajtóerő az autóiparban, és így a lemezalakítás anyag- és folyamatfejlesztésében is.

A kivételes, egyedi megrendelésekhez tartozó anyagok (pl.: jó alakíthatóság mellett nagy szilárdság) előállítása költséges. Így ezeknek az alkalmazása - annak érdekében, hogy valóban csak a költséghatékonyságot szolgálják - csak indokolt esetben ésszerű. Ezek következményeként egy személygépjármű vázszerkezete, karosszériája 70-80 százalékban lágyacélból, illetve növelt szilárdságú lemezanyagból készül. A maradék 20-30 százalék foglalja magába a teherhordó, biztonságot szolgáló elemeket, amelyek ultranagy szilárdságú lemezanyagból készülnek.

A nagy szilárdsághoz azonban kisebb mértékű alakíthatóság tartozik, amely nagyobb bonyolultságú komponensek esetén okoz problémát. Ennek apropóján a járműipar számára úgynevezett HSD (High Strength and Ductility) nagyszilárdságú és alakítható acéllemezt fejlesztettek ki.

3.1 A HSD acélok jellemzői:

- Alacsony széntartalom: A HSD acélminőségnek alacsony a széntartalma, ami jó alakíthatóságot, szilárdságot és hegesztési képességet eredményez.
- Nagy szakítószilárdság: A HSD acéllemezek nagy szakítószilárdsággal rendelkeznek. Nagy előnyt jelentenek a gyártási folyamatokban, ahol sok hajlításra van szükség.

A szakítószilárdság értéke: $R_m=800-1100$ MPa

- Jó alakíthatóság: Minimális súly mellett maximális szilárdság, illetve mind nyomó-, mind húzóterhelésre alkalmasak.

Folyáshatár - $R_{p0,2}=450-800$ MPa

Szakadási nyúlás - $A_{80}=45-60\%$ [1] [2]

3.1.1 S420MC

A lemezalkatrész a gépjárművek karosszériájában egy tartóelemként funkcionál, melynek anyagminősége **S420MC** típusú termomechanikusan hengerelt acél volt. Ez az acélminőség kiváló hajlíthatósági, peremezhetőségi tulajdonságokkal rendelkezik mind hosszanti, mind keresztirányban. A lemezvastagság esetünkben **s=3mm**. Az alkatrész alapanyagának (S420MC) mechanikai tulajdonságai az EN 10149-2 szabvány szerint, $3\text{mm} \leq t < 5\text{mm}$ lemezvastagságra vonatkozóan a következők.

- Szakítószilárdság (R_m): 560 Mpa
- Folyáshatár (R_{eH}): 420 Mpa (*min.*)
- Szakadási nyúlás (A_{80}): 19 % (*min.*)

(A korábbi adatokon kívül a nyírószilárdság értékét is fontos megadni, amely a Siebel formula alapján a szakítószilárdság értékének a 80%-a)

- Nyírószilárdság (τ_{ny}) 448 N/mm^2 [6]

Tekercsanyagok kémiai összetétele										
S420MC	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Al%	Nb%	Ti%	V%	B%
	0,065	0,02	0,797	0,01	0,004	0,035	0,049	0,0007	0,0018	0,0002
	CU%	Ni%	Mo%	Cr%	CrMo%	N%	Tn+Nb%	C Eq%	V+Nb+Ti%	
	0,034	0,034	0,01	0,06	0,07					

2. táblázat S420MC alapanyag kémiai összetétele [6]

3.1.2 S550MC

Az S550MC nagy szilárdságú, alacsony ötvözetű melegen hengerelt szerkezeti acél, kiváló szakítószilárdsággal és ütőszilárdsággal rendelkezik, nagy szerkezeti alkatrészek, autóipari alkatrészek, szerszámgépalkatrészek gyártására használható. S550MC magas folyáshatára nagyobb teherbíró képességet tesz lehetővé. Szilárdsága lehetővé teszi a könnyebb alkatrészek gyártását olyan helyeken, ahol a súlycsökkentés elsődleges szempont

Az alkatrész alapanyagának (S550MC) mechanikai tulajdonságait az EN 10149-2 szabvány szerint, $3\text{mm} \leq t < 5\text{mm}$ lemezvastagságra vonatkozóan.

- Szakítószilárdság (R_m): 600-760 Mpa
- Folyáshatár (R_{eH}): 550 Mpa (*min.*)
- Szakadási nyúlás (A_{80}): 14 % (*min.*)

(A korábbi adatokon kívül a nyírószilárdság értékét is fontos megadni, amely a Siebel formula alapján a szakítószilárdság értékének a 80%-a)

- Nyírószilárdság (τ_{ny}) $480 \frac{N}{mm^2}$ [7]

A szerszám tervezési folyamat első lépéseként elemezni kell az alkatrész geometriáját gyárthatósági szempontból, mivel ennek az alkatrésznek a gyárthatósági elemzését nem kellett elvégeznünk ezt az elemzést nem végeztük el.

Tekercsanyagok kémiai összetétele										
S550MC	C%	SI%	Mn%	P%	S%	Al%	Nb%	Ti%	V%	B%
	0,057	0,032	1,22	0,012	0,0031	0,032	0,054	0,061	0,002	×
	CU%	Ni%	Mo%	Cr%	CrMo%	N%	Tn+Nb%	C Eq%	V+Nb+Ti%	×
	0,012	×	×	×	×	0,0056	0,115	0,2615	0,117	×

3. táblázat S550MC alapanyag kémiai összetétele [7]

4 Számítógéppel segített tervezés

A számítógépek megjelenése előtt grafikusoknak, tervezőknek kellett kézzel készített vázlatokat rajzolniuk, vagy modelleket építeniük különböző anyagokból. Azonban ez hosszú időt, valamint sok erőfeszítést igényelt. A számítógépek fejlődése következtében a műszaki életben is megjelentek különböző programok, amelyek elősegítették a rajzolást, folyamattervezést, így a rajzoló papíron végzett munkája feleslegessé vált és ennek következtében ez a szakma meg is szűnt. [4]

4.1 A CAD helyzete a jelenben

Az ipari folyamatok során igényelt és létrejövő információkat számítógép alkalmazásával a legcélszerűbb feldolgozni. Csaknem 25-30 éves fejlesztés eredményeképpen, ma a tervezők számára olyan számítástechnikai eszközök állnak rendelkezésre, amelyeknek segítségével a gyárak, üzemek vagy azok technológiai környezetének mindenfajta információja feldolgozható.

A számítógéppel segített tervezés (CAD-Computer Aided Design) alatt többfajta, számítógépen alapuló programot értünk, amely a mérnököket és tervező szakembereket a tevékenységükben segíti. A manapság használatos CAD programok a 2D (síkbeli) vektorgrafikai rajzoló rendszerektől, a 3D (térbeli) parametrikus felület- és szilárdtest modellező rendszerekig széles kínálat fogadja a felhasználókat. Napjainkban a CAD szoftvereket főként gépészmérnökök, építészmérnökök, illetve villamosmérnökök alkalmazzák munkájuk során. [4]

A modern CAD korszakot a 3D modellezés, szimulációk, elemzések terén elért fejlődés jellemzi. A koncepcionális tervezéstől a gyártáson át, az értékesítésig és a karbantartásig, a különböző tervezőprogramok végig kísérik az egyes folyamatokat.

4.2 A SOLIDWORKS tervezőprogram

A szerszámalakításának tervezése a SOLIDWORKS 3D tervezőszoftverrel készült. A SOLIDWORKS egy gépészetben használatos tervező szoftver, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy ötleteiket képesek legyenek minél gyorsabban modellezni, lerajzolni, illetve szimulációt végezni a modell méreteivel, részletezésével. Általános gépészeti CAD programnak tekinthető, azonban alkalmas speciális célok megvalósítására is, mint például szerszámtervezésre, lemezalkatrészek tervezésére vagy a felületmodellezés segítségével formatervezésre.

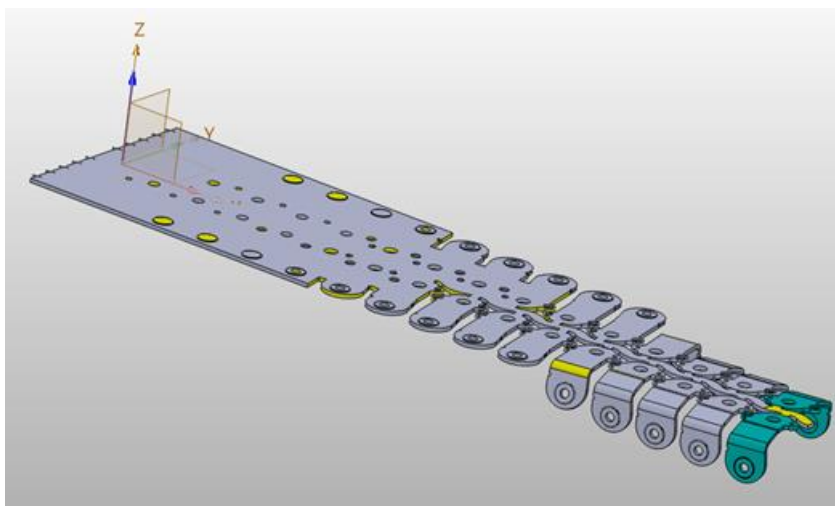
A SOLIDWORKS a Parasolid modellező kernelt használja, amely az egyik legmodernebb geometriai modellező magnak mondható. Ezt a matematikai magot alkalmazza legtöbb mérnöki feladatot végző program, illetve rendszer, hiszen a Parasolid piacvezető a modellező szoftverek között.

A SOLIDWORKS egy jól áttekinthető, könnyű kezelhetőségű, valamint automatizmusokkal ellátott tervezőprogram, amelynek gyorsasága és stabilitása meghaladja más CAD rendszerekét.

Általános jellemzői:

- Megszokott ikonok a kezelőfelületen, legördülő menüsorok és eljárások.
- Teljes asszociativitás a modellek, rajzdokumentációk és összeállítások között
- Web-es alkatrészkönyvtár, például az ún. Design Library, amely több száz parametrikus elemet tartalmaz, illetve ez a saját alkatrészekkel is bővíthető.
- Geometriai és tömegjellemzők számítása (tömegközéppont, inerciák, térfogat stb.)
- Legnyitottabb fejlesztői környezet, amely Visual Basic C++ programnyelven programozható.
- Egyedülálló mennyiségű kiterjesztés fordító, multi CAD támogatás [5]

5 Szerszámtervezés



1. ábra Sávterv (saját kép)

Az eredeti szerszámtervezése 2011 elején kezdődött, akkor a CADDA 2D síkbeli tervező program állt a rendelkezésünkre, ezért a rajzokról nem készült 3D-s modell. A mostani szerszám konstrukció már a SOLIDWORK tervező szoftverrel készült 3D formátumban.

A szerszám tervezésekor nem kellett elvégeznünk az alkatrész gyárthatósági elemzését. A nagyobb szakító szilárdság miatt a préserő növekedet 20t-val. Az S420MC anyag préseléséhez 110t nyomóerő kellett. Az S550MC anyag préseléséhez 130t. A szerszám tervezésekor nem változtathatunk a szerszám külső méretein, a sáv szélességén a híd vastagságán és a lépés számot. A sáv szélességét és a híd vastagság változatlanul hagyása miatt ugyanazt a sávtervet használnunk. Ezeknek a dolgoknak a figyelembe vételével kezdtük a szerszám át tervezését.

5.1 Régi szerszám működése és hiányosságai

Eredetileg a vezető oszlopok a szerszám alsó részében helyezkettek el. A vezető perselyek a szerszám felső részében a lengő vezetékben voltak rögzítve. A kivágó-, és hajlító elemek a bélyegtartóban a fejlaphoz voltak rögzítve. A vezetőlapot a fejlaphoz rögzítettük távtartók és ütközők segítségével. A szerszámnak ez a fajta kialakítása bizonytalanná tette a működését, mert a fejlap nem volt direkt összeköttetésben a vezető elemekkel. A medve párhuzam különbségeit a fejlap a szerszám rögzítéskor felvette, ezért nem biztos, hogy párhuzamos volt az alaplappal.



2. ábra A Régi szerszám alsó és felsőrésze (saját kép)

A tekerccseréknél sokáig tartott a szerszám beállítása, főleg–Sarzs váltáskor–anyatekercs váltáskor. A hajlítási lépésekben csak a szerszám alsórészében található hajlító betéteket lehetett állítani, a hajlító bélyegek állíthatóságára nem volt lehetőség a présgépen ez a hiányosság nagyon sok gondot okozott az évek folyamán. A sok állítás rontotta a szerszám termelési hatékonyságát.

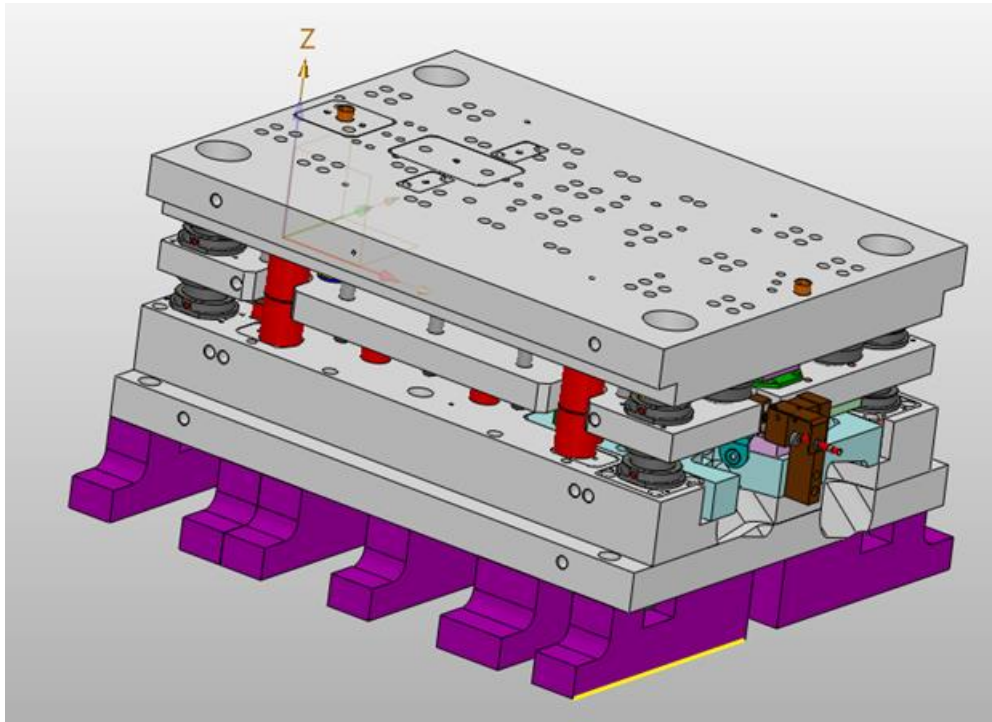
A szerszám felső részében a nyomó erőt rendszer rugók beépítésével oldottuk meg(80db D50x100x2,5 sárgaszínű).



3. ábra Régiszerszám felső rész fejlap+rendszer rugók (saját kép)

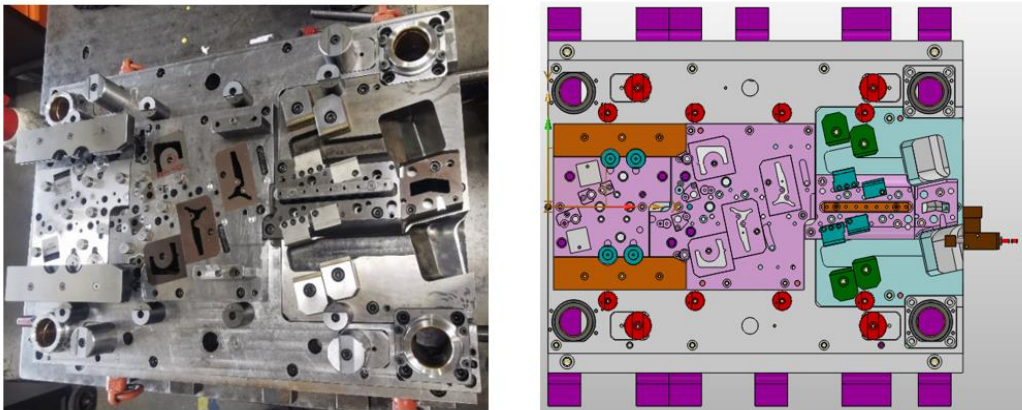
A szerszám karbantartásakor a kivágó és a hajlító elemek eltávolítása is nehezebb volt. A kivágó bélyegek és a lyukasztók nagyobb méretű bélyegtartókban voltak elhelyezve. A rendelkezésünkre álló szűkös pénzügyi keret miatt csak a szerszám felső részét alakítottuk át. A szerszám alsórészét a vágólapok alatt megerősítettük.

5.2 Az új szerszám



4. ábra 400 005 szerszám (saját kép)

5.2.1 Szerszám alsórész

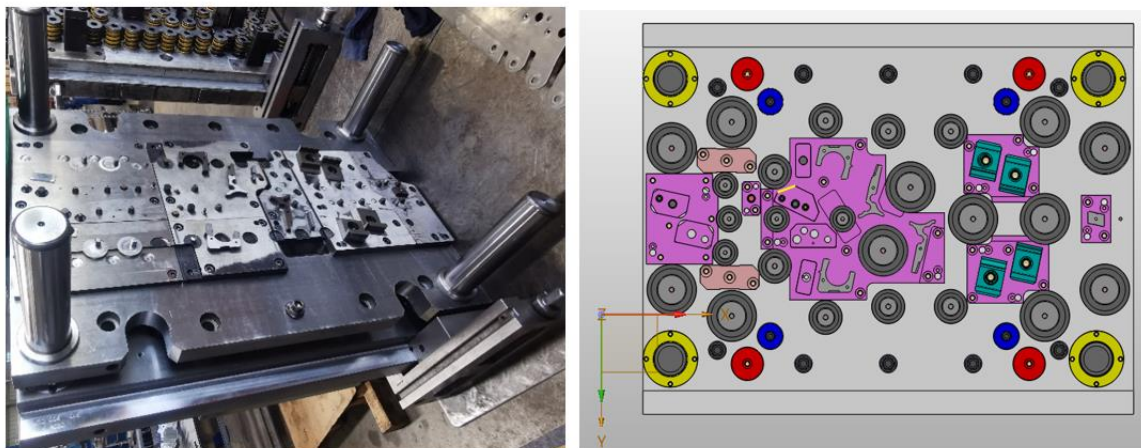


5. ábra 400 005 szerszám alsó rész (saját kép)

A szerszám alsó részébe áthelyeztük a vezető perselyeket ezáltal kiküszöböltük a szerszám „úszását” a kivágó és hajlító műveletek alatt. Az oszlopok és a perselyek átmérőjét megnöveltük D10mm-rel. Az új perselyeket rézbetétesekre cseréltük a kenés megkönnyítése miatt. A vágólapok anyagminőségét hagyományos K110 DIN. 1.2379-ről porkohászati acélra cseréltük K490. A gyártandó termék alapanyagának szilárdsági mutatóinak növekedése miatt. A vágólap betéteket a lyukasztó perselyeket PVD bevonattal láttuk el. A

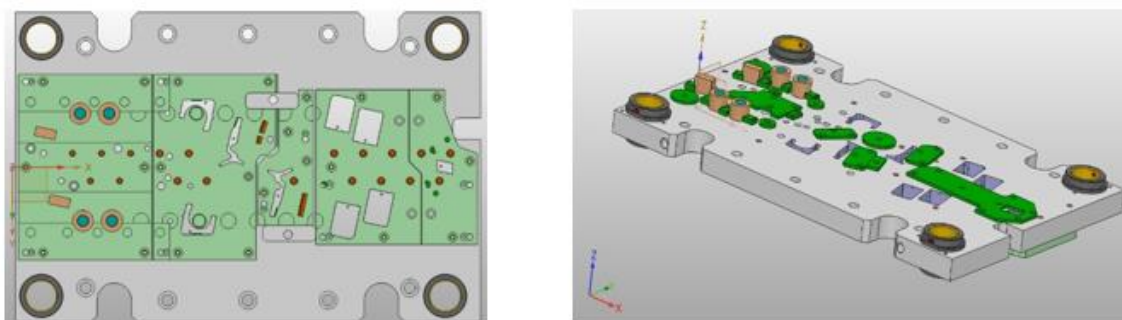
hajlítópárnák felületére DLC bevonatot raktunk. A vágólapok alatt az alaplapban vastag nyomólapokat építettünk be. A hajlító lépésekben az alaplap alá plusz gerendát építettünk a megnövekedett hajlítóerő miatt.

5.2.2 Szerszám felsőrész



6. ábra 400 005 új szerszám felsőrész (saját kép)

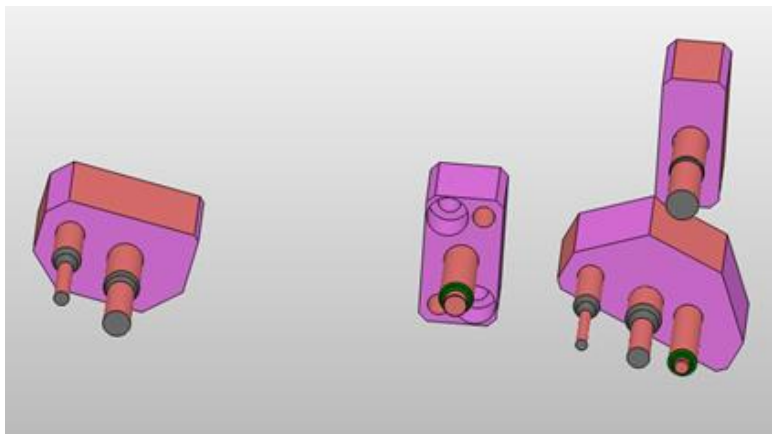
A szerszám felsőrészből teljesen újat készítettünk. Új legővezeték mellett új fejlapot új bélyegtartókat és új leszorítólapokat csináltunk. A bélyegtartók és a leszorítólap vastagságát megnöveltük. Ezáltal biztosítva a vágó és hajlító elemek stabilitását és pozíciójában tartását a műveletek elvégzésekor. A leszorítólap vastagságának növelésével megnőtt a vágó és a hajlítóelemek megvezetési hossza.



7. ábra 400 005 szerszám lengővezeték (saját kép)

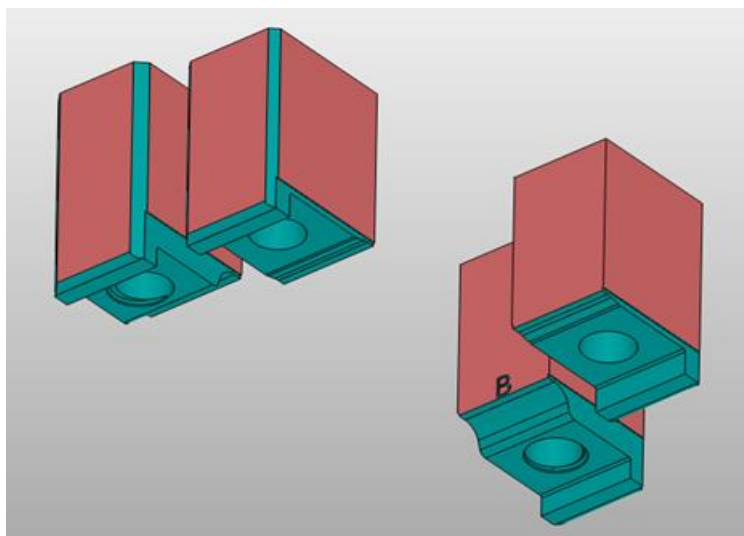
Az oszlopok rögzítése a fejlapba történt. A nagyméretű bélyegtartó lapokat széttagoltuk a karbantartás megkönnyítése miatt. A rendszerrúgókat gázrugókra cseréltük, így a megnövekedett helyen lehetővé vált a bélyegtartók átalakítása. A lyukasztóknak kis

bélyegtartókat alakítottunk ki amelyeket ezután a többi bélyegtől függetlenül lehet bájlagolni élezés után.



8. ábra 400 005 szerszám lyukasztók bélyegtartóval (saját kép)

Lehetővé tettük a lyukasztók cseréjének lehetőségét a fejlapon keresztül ezáltal a lyukasztók cseréje törés ill. kopás esetén a présgépen is lehetővé vált. A hajlítóbélyegek alulról történő rögzítésével a hajlítások beállítása nem csak a hajlító betétekkel lehetséges hanem a hajlító bélyegekkel is illetve a présgépen lehetővé vált az alkatrész állítási lehetősége a présgépen.



9. ábra 400 005 szerszám hajlító bélyegek (saját kép)

A vágóelemek és a hajlító elemek anyagminőségét a hagyományos 1.2379-ről porkohászati acélra cseréltük K490. A vágóelemeket PVD bevonattal láttuk el. A hajlítóelemek felületére DLC bevonat került.

Gázrugók beépítése

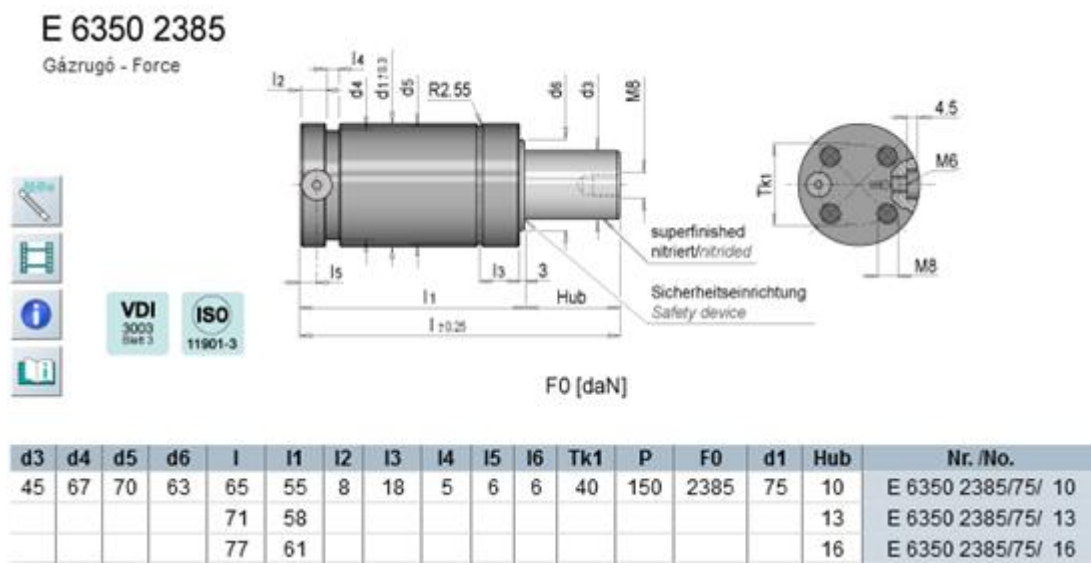
A régi szerszámban 69db sárgaszínű 500dkN D40x89mm-es rendszerrugó lett beépítve. A rugók nyomó ereje 34500 dkN. Ezt a mennyiségű és nyomó erejű rugót váltottuk ki a következő méretű gázrugóval.

-5db 470/38/16

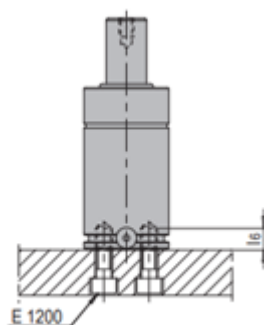
-8db 920/50/16

-12db 2385/75/16

A gázrugók nyomó ereje 38330 dkN



10. ábra Az E 6350 2385/75/16 jelzésű gázrugó műszaki adatai [3]



11. ábra Az E 6350 2385/75/16 jelzésű gázrugó beépítési sémája [3]

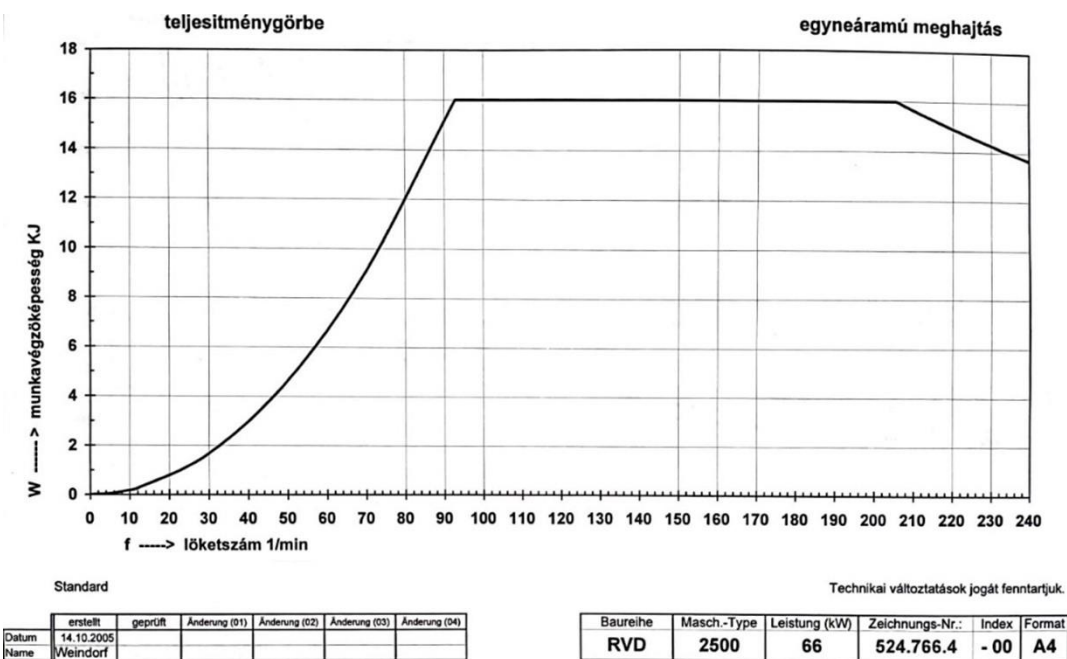
5.3 Az alkatrészt gyártó prés gép bemutatása

Az adott erőszükséglethez egy 2500 kN nyomó erejű HAULICK ROOS márkájú excenter prés gép.

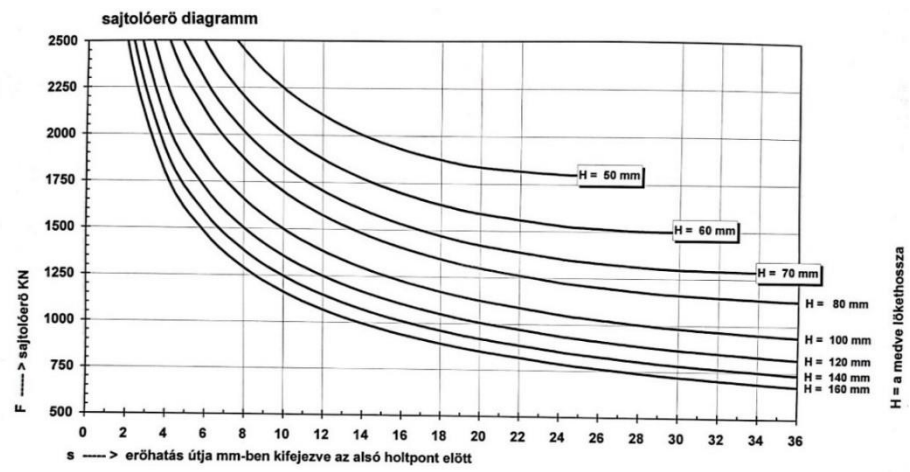
A prés gép műszaki adatai:

Névleges préserő		2500 kN
Percenkénti löketség	min.	30 1/min
	max.	180 1/min
Feszítőfelület az asztalon	hossz	1950 mm
	szélesség	1000 mm
Kiesőnyílás a présasztalnál	hossz	1600 mm
	szélesség	350 mm
Géptömeg		43000 kg
Meghajtási teljesítmény	Egyenáramfőhajtás	66 kW
Szalagmozgásiránya	Balról → Jobbra	

4. táblázat Haulick 250T prés gép műszaki adatai[11]



12. ábra A prés gép teljesítmény görbéje [11]



13. ábra A prés gép sajtolóerő diagramja [11]

6 Vágóelemek

Csiszolatok készítése.

Az anyagok vizsgálatához mintákat vettem a kivágó elemek alapanyagaiból. A csiszolat mintákat Struers LaboPress-3 minta készítő géppel készítettem. A csiszolatokat csiszolását a szövetelemzéshez Struers LaboPol-5 géppel végeztem. A minták polírozása Buchler Beta polírozó géppel készült. A felületeket 9μ , 6μ és 3μ finomságú gyémánt pasztával políroztam a megfelelő minőségűre. A minták felületét 2%-os Nitallal marattam meg. Az így kapott felületekről CARL ZEISS fémmikroszkoppal készítettem képeket. A K490-es és az 1.2379-es anyagok keménysége 60HRC.

A vágóelemek anyagai

A vágóelemek szövetmintáin látható, hogy a konvencionális eljárással készült 1.2379-es anyag durvább szemcseszerkezetű mint a MICROCLEAN eljárással készült K490-es porkohászati acél. Az 1.2379-es anyag szemcséinek a mérete $20\text{--}25\mu\text{m}$ nagyságúak addig a porkohászati acélt alkotó szemcsék mérete $1\text{--}2\mu\text{m}$ nagyságú. A szemcseméreték különbsége az anyagok gyártás technológiai különbségéből adódik.

6.1 Böhler K110 DIN 1.2379, X153CrMoV12



14. ábra Böhler 1.2379 szövetkép 500x nagyítás (saját kép)

Böhler K110 DIN 1.2379 kémiai összetétele.										
Böhler K110	C%	Cr%	Mo%	V%	W%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%
	1,55	11,6	0,75	0,75	0,02	0,3	0,3	0,019	0,016	0,2

5. táblázat K110 kémiai összetétele [8]

6.1.1 Böhler K110 előállítás.

Az K110-es anyag előállítása konvencionális eljárással gyártja a Böhler Edelstahl GmbH Ausztria. A K110 előállítása alsó öntéssel elektromos ívkemencében történik. A hagyományos tuskóöntés a folytacél gyártásának kezdete óta ismert alakadási eljárás. A leöntött tuskót (öntecset) alakját és méretét tovább feldolgozó alakítástechnológusok igényei határozzák meg. Ma már erősen visszaszorult a tömeggyártásban a tuskóöntés, de vannak olyan egyedi méretek és alakok, amiket folyamatos öntéssel nem lehet biztosítani. A Böhler Edelstahl-nál extrém nagyméretű kovácsolt darabok is elkészíthetők egyetlen öntecsből, biztosítva a megfelelő átkovácsolási számot.



15. ábra K110 gyártási folyamata és felhasználása [9]

Az elektromos kemencében a fűtő rudakkal a beadagolt alapanyagokat felolvasztják. A kemence kapacitása 50t. A beadagolt anyagokat grafit fűtőrudakkal ív kemencében melegítik. Az olvadási folyamat felgyorsítása és a karbontartalom csökkentésére oxigént fúvatnak az olvadékba. Miután az anyagot teljesen átolvasztották az így kapott olvadék átkerül egy másik kemencébe. Ebben a kemencében végzik az olvadék üstmetallurgiai kezelését a kéntelenítést, dezoxidálását a végső ötvözt és az öntési hőmérséklet beállítását. A további oxidáció létre jöttének elkerülésére argongázt fúvatnak a kemencébe. Az öntés kialakulásakor az öntés a forma tetején kialakított nyíláson keresztül történt, így megtöltve a formaüreget. Az acél kokillába öntése is a kezdetekben ezzel a módszerrel történt (felsőöntés). A felfröccsenések és a levegővel történő találkozás miatti reoxidáció miatt azonban kifejlesztették az alsóöntést.

Az alsóöntés során egy beömlő rendszeren keresztül jut az acél a kokillába. Számos előnye van az alsóöntésnek a felsővel szemben. A lassú öntés során az olvadék nem fröccsen

fel a kokilla oldalára ezért szebb lesz a tuskó felülete. A kokillába olvadék tetejére öntőport adagolnak, mely megvédi a fém felületét az oxidációtól és biztosítja a kenést. Az öntés során ennek hatására gyűrődésmentes szebb felülete lesz az öntött formának. A kokillákat alulról töltik, fel egyszerre több kokilla öntése is lehetséges. A több kokilla egyidőben történő öntésekor rövidebb lesz az öntési idő: jobb üzemszervezést tesz lehetővé, illetve kevesebb túlhevítés is elegendő lesz, ami a tuskó minőségét is javítja. A kokillák töltődése egyenletes.

Az alsó öntés hátrányai:

A tuskó alsó harmadában marad legtovább a folyékony acél az alulról táplálás miatt ezért magas a lunkerképződés esélye. A bemezőcsőbe és az öntőtálpba beépített téglák felületéről és az összekötő habarcsból az acélsugár darabokat moshat ki ezáltal rontva a tuskótisztaságát. Az öntés kihozatala rosszabb a beömlő és a hozzávezetések miatt. A kis adagok öntése miatt kevés a csapolt acél tömege. A kész tuskók további megmunkálásra kerülnek méretüktől függően, kovácsolják, hengerlik vagy marják.

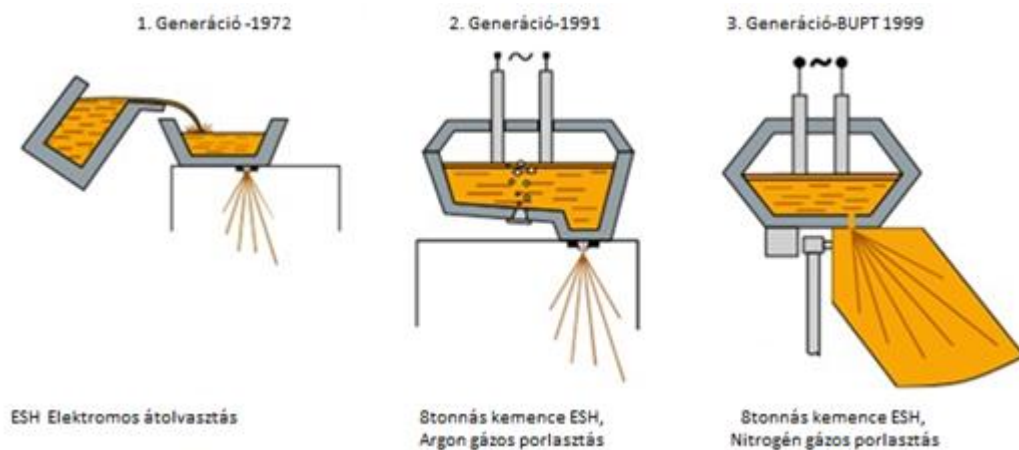
6.2 Böhler K490 MICROCLEAN



16. ábra Böhler K490 szövetkép 500x nagyítás (saját kép)

6.2.1 Porkohászati porok gyártása

A porkohászati eljárás technológiai fejlődése.



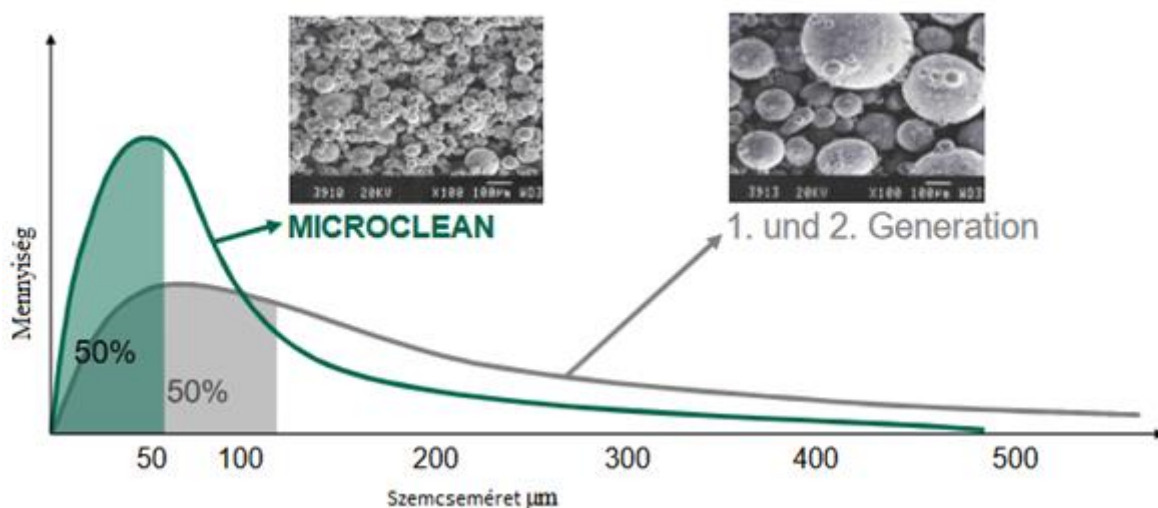
17. ábra A porkohászati porok generációi [9]

A porkohászati porok előállításának 3 generációja van.

Az első generációs porokat 1972-ben állították elő.

A második generációs 1991-ben került bevezetésre itt már nagy mennyiségben állították elő a porokat. A porlasztáshoz argon gázt használtak.

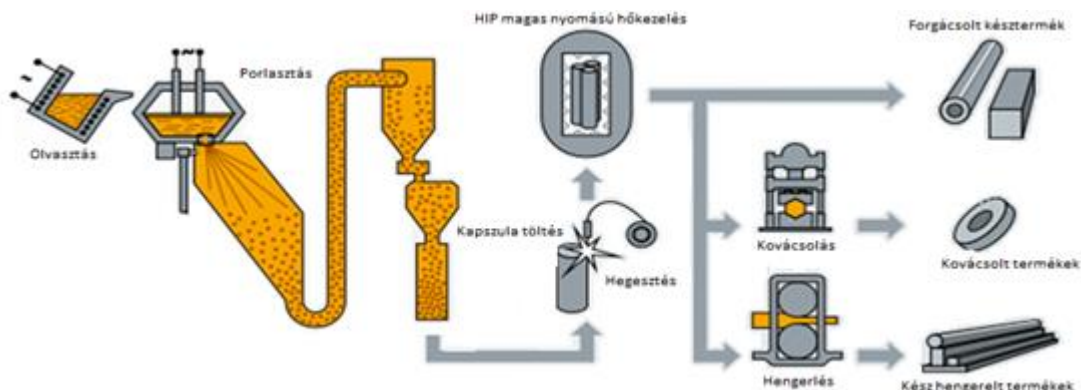
A harmadik generáció 1999-ben állították elő. A harmadik generációs porok porlasztásához nitrogén gázt használnak.



18. ábra A 1-3generációs porok mérete [9]

Szembetűnő a különbség az 1-2 és a harmadik generációs porszemcsék mérete között. A képeken a szemcsék 10000x-es nagyításban láthatóak. 41. ábráról az 1-2 generációs és a

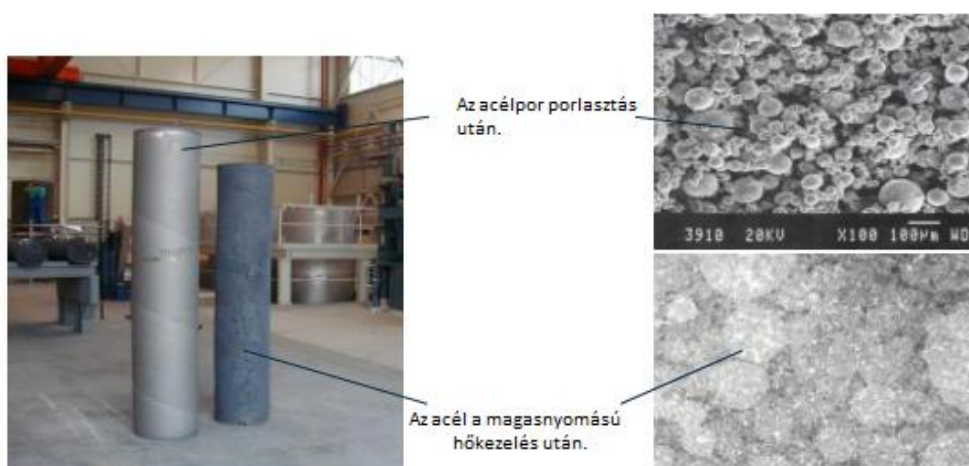
3. generációs porok méretbelikülönbségét lehet leolvasni. A két képen a porok minőségi különbsége látszódik.



19. ábra A porkohászati porok gyártása és felhasználásainak folyamata [9]

A kemencébe adagolt alapanyagok megolvasztják. Az olvasztás után egy indukciós kemencében beállítják az ötvöző anyagok tartalmát növelik az olvadék tisztaságát. A megfelelő alapanyag tisztaság és minőség elérése után a tartályból kifolyó olvadékot nitrogénnel porlasztják és egyben le is hűtik. Az így kapott port kapszulákba töltik.

A kapszulák tetejét lehegesztik majd hőkezelik (HIP magasnyomású hőkezelő eljárással.) A kapszulák hőkezelését 1150C°-on, 1000bar nyomáson 48 órán keresztül végzik. A kapszulák palástját hőkezelés után eltávolítják. (leesztérgálják a kapszula anyagát a tömörített anyagról). A kapszulák térfogata hőkezelés után kb. 30%-al kisebb lesz. Hőkezelés után különböző profilokra hengerelik és kovácsolják az anyagot.



20. ábra Kapszula és por méretek HIP előtt és után [9]

A Böhler Kft. által izosztatikus eljárással gyártott porkohászati szerszámacélok a MICROCLIN fantázia nevet kapták K490, K890, S390. Ezeknek nincs szabványos jelölésük a BÖHLER saját jelölését használja a speciális különleges acélokhöz.

Ezeket az acéloka magasnyomású és hőmérsékletű HIP (Heiß Isostatis Pressen, Forró izosztatikus préselési hőkezelés) eljárással készítik. Az acélport kapszulákba töltik, majd magas nyomáson 1000bar, 1150°C-on 48 órán keresztül hőkezelik.

Ezzel az eljárással nagy tisztaságú, kis szemcseméretű homogén ötvözetporokból nagy nyomású és hőmérsékletű eljárással homogén dúsulás mentes izotróp tulajdonságokkal rendelkező nagy teljesítményű szerszámacélokat állítanak elő.

7 Hőkezelés

7.1 Az edzés

A szerszámok csak akkor alkalmasak munkavégzésre, és csak akkor állnak ellen a megmunkáláskor fellépő igénybevételeknek, ha keménységük lényegesen nagyobb a megmunkálandó anyag keménységénél. Az erős koptató hatásnak kitett vágóelemek akkor felelnek meg rendeltetésüknek, akkor nem mennek idő előtt tönkre, ha anyaguk kemény, kopásálló.

Az edzés célja az acélok nagymértékű keményítése. Ezt azáltal érjük el, hogy az acélt martenzites szerkezetűvé alakítjuk. Edzéskor arra törekszünk, hogy a munkadarabot teljes mértékben martenzites szerkezetűvé alakítsuk, mert így kapjuk a legnagyobb keménységet. Ezt azonban teljes mértékben megvalósítani nem tudjuk. Edzettnek azt a munkadarabot, a munkadarabnak azt a részét tekintjük, amely legalább 50% martenzites szerkezetű.

Az ötvöztött acélok edzési és normalizálási hőmérséklete a vas-szén állapotábrából nem határozható meg. Az ötvöző- anyagok az átalakulási hőmérsékleteket meghatározzák. Az ötvöztött acélok hőkezelési hőmérsékletei szabványaikban találhatók meg. Az ausztenit akkor alakul át martenzitté, ha azt a kritikus vagy annál nagyobb sebességgel hűtjük. Az edződéshez szükséges hűtési sebességet megfelelő hűtőközeggel valósítjuk meg. Aszerint, hogy az acél melyik hűtőközegben válik martenzites szerkezetűvé, beszélünk víz, olaj- vagy légedzésű acélokról. A nyugvó levegőn is megedződött acélt önedző acélnak nevezzük.

Az ötvöztetlen acélokat vízben, az ötvöztött acélokat olajban hűtve edzik. Az erősen ötvöztött acélok már a levegőn is megedződnek.[12]

7.2 Az acélok fő és járulékos ötvözői

Az ötvözőanyagokat a szerint is csoportosíthatjuk, hogy azokat milyen módon, önállóan is, vagy általában csak egy másik ötvözővel együtt alkalmazzák ötvözésre.

Fő ötvözők azok az anyagok, amelyek nagyban befolyásolják a tulajdonságokat. Ezeket önállóan is alkalmazzák ötvözésre.

Az acélok fő ötvözői: Cr, W, Mn, Ni.

A Cr, és a Mn, a szerkezeti acélok, a W, és a Cr, a szerszámacélok, a Ni, és a Cr, a különleges acélok fő ötvözői.

Járulékos ötvözők azok az ötvözőanyagok, amelyeket általában valamelyik fő ötvözővel együtt alkalmaznak. Az acélok járulékos ötvözői: Mo, V, Ti, Si, Al, Co.

A krómot alkalmazzák a legszélesebb körben az acélok ötvözésére, fontos ötvöző anyaga a szerkezeti, a szerszám és a különleges acéloknak.

A Volfram a szénnel kemény és nagy hőmérsékleten lágyuló karbidokat képez, a szerszámacélok fő ötvözője.

A mangánt egyaránt alkalmazzák szerkezeti és szerszámacélok ötvözésére. Az egyik legolcsóbb ötvöző.

A nikkel a különleges acélok fő ötvözője, nagymértékben változtatja az acélok fizikai és kémiai jellemzőit.

Karbidképző járulékos ötvözők: a molibdén (Mo), a vanádium (V) és a titán (Ti).

- A Molibdén jelentősen növeli az acélok melegszilárdságát.
- A vanádium karbidjai nagyon kemények, alkalmasak a Volfram-karbidok helyettesítésére.
- A titán nagymértékben akadályozza a szemcseszerkezet durvulását.

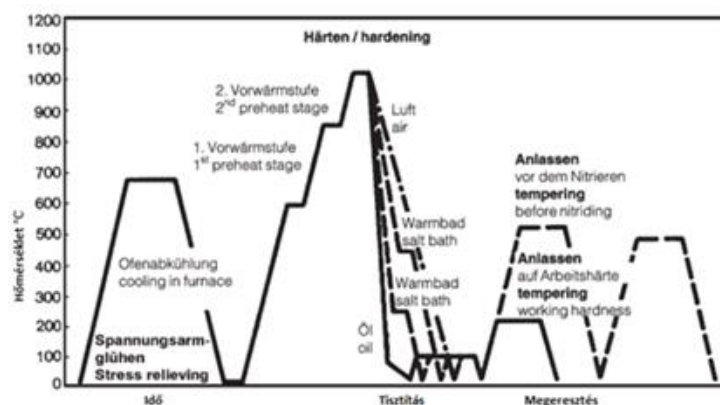
A karbidot nem képező járulékos ötvözők: a kobalt (Co), a szilícium (Si) és az alumínium (Al).

- A szilíciumnak nagy az affinitása az oxigénhez. Jól oldódik az α -vasban, a ferritben. A szilícium félfém.
- Az alumíniumnak nagy az affinitása az oxigénhez és a nitrogénhez. A nitrogénnel nagy keménységű alumínium-nitridet képez. Az alumínium nagymértékben növeli az acélok hőállóságát. Az alumínium könnyűfém,
- A kobalt növeli a kritikus lehűlési sebességet. Növeli az acélok hővezető képességét, akadályozza a martenzit bomlását. Ezért a kobalttal ötvözött szerszámok kopásállóbbak. A kobalt feketefém. [12]

7.3 Böhler K110 hőkezelése

A K110 edzési hőmérséklete 1070°C. A 21. ábrán látható az anyag gyártó által ajánlott hőkezelési diagrammja, amely tartalmaz egy feszültség mentesítést, illetve egy lépcsős felmelegítést az edzési hőmérsékletre, és több hűtési módot javasol. Az anyag hőkezelését az MMG Zrt. edző műhelyében végzik vákuum kemencében nitrogén túlnyomással.

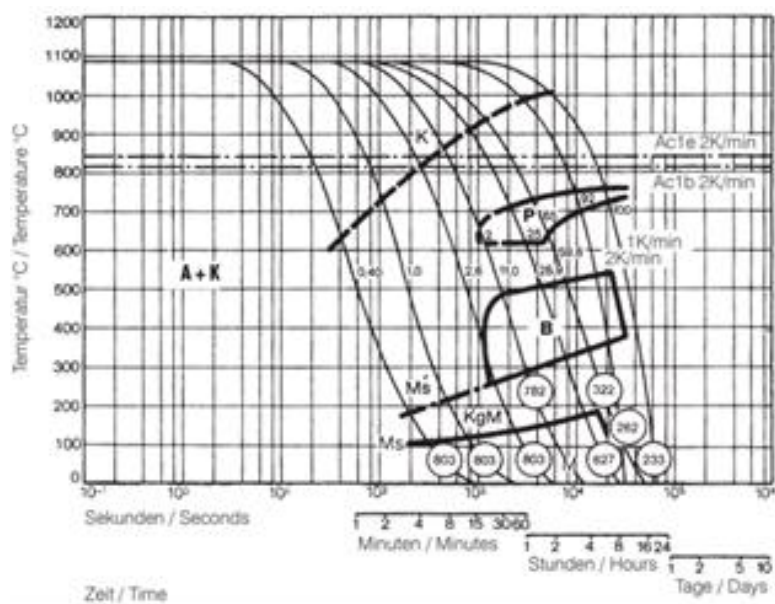
Az edzést vákuum kemencében programozott módon végzik. Az első lépésben feszültségmentesítés történik, az alkatrészek megmunkálása során (marásakor, esztergálásokor stb.) belsőfeszültségek keletkeznek az anyagban, ezzel a lépéssel ezeket a feszültségeket csökkentjük, hogy elkerüljük a maradandó méret változást, illetve a vetemedést.



21. ábra K110 hőkezelési diagrammja [9]

A diagrammon a következő fázisban az alkatrészt felmelegítjük 1070°C-ra. A felmelegítés kétszakaszban történik. Az első szakaszban az anyagot 600 °C-ra melegítjük majd hőntartjuk. Lépcsős hőntartást végzünk. A hőntartás ideje függ az alkatrész keresztmetszetétől és nagyságától. A második szakaszban 850°C-ra melegítjük az anyagot, és hőntartjuk. A következőszakaszban 1070°C-ra melegítjük az anyagot edzési hőmérsékletre. A hőntartás ideje az átmelegedéstől számítva 30perc. Ezen a hőmérsékleten az anyagban a ferrites szövetszerkezet átalakul ausztenites szövetszerkezetre. A hőntartás után a folyamatos gyors hűtéssel hűtjük vákuumban azanyagot. A hűtés Nitrogéngázzal történik. Az alkatrész lehűtése után két magas hőmérsékletű megeresztés következik. A megeresztések között keménységméréseket iktatunk be.

7.3.1 Folyamatos hűtés.

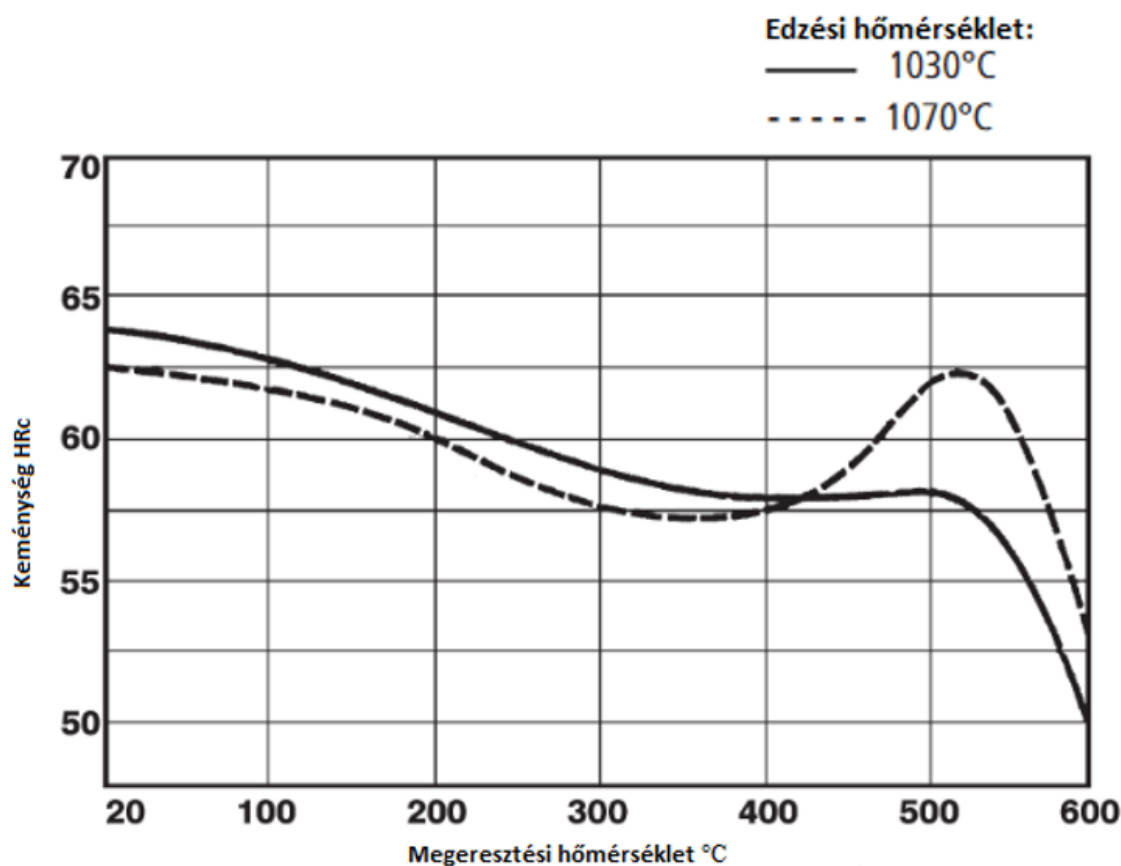


22. ábra K110 folyamatos hűtési görbéi [9]

A hűtésiparaméterek 0,4-59,8-ig. A hűtési idő 800°C-ról 500°C-ra $\text{sec.} \times 10^{-2}$.

A hűtési hűtési görbék az 22. ábrán láthatóak. Az ábráról leolvasható, hogy a λ értékekhez tartozó görbék hűlési sebessége mennyire befolyásolja az anyag keménységét. Az ábra alapján megállapítható, hogy az Ms'-Ms vonal közötti tartományban marad az anyagban a legkevesebb Martenzit.

7.3.2 Magashőmérsékletű megeresztés



23. ábra K110 magashőmérsékletű megeresztési diagramja [9]

A magas hőmérsékletű megeresztést 23. ábra szemlélteti amely 2 hőmérsékleten edzett anyag megeresztését mutatja. Esetünkben 1070°C edzési hőmérsékletéhez tartozó megeresztési görbét kell figyelembe veyük. A K110 megeresztési hőmérséklete a kért keménységhez (60-62 HRC) 520°C. Az ábrán szürkével jelölt terület az ajánlott megeresztési tartomány. A magas megeresztési hőmérséklet lehetővé teszi a vágóelemek nagyteljesítményű huzalszakra forgácsolását valamint a vágóélek és a hajlító felületek bevonatolását. A bevonatolási hőmérséklet 200°C. A magas bevonatolási hőmérséklet az anyag keménység csökkenését okozza.

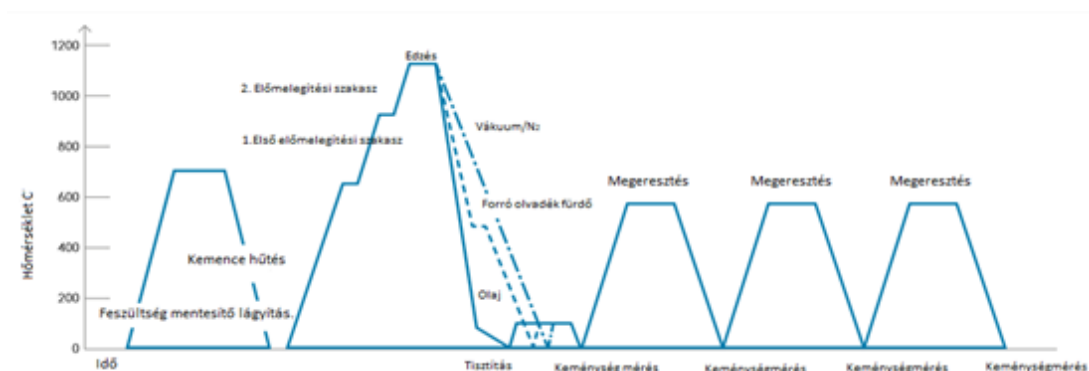
7.4 K490 hőkezelése.

Böhler K490 kémiai összetétele.						
Böhler K490	C%	Cr%	Mo%	V%	W%	Co%
	1,4	6,4	1,5	3,7	3,5	4,5

6. táblázat K490 kémiai összetétele [9]

A K490 porkohászati eljárással készült acél amelyet a Böhler Edel Stahl állít elő. A K490 edzési hőmérséklete 1080°C. Az 24. ábrán látható az anyag gyártó által ajánlott hőkezelési diagramja. Az anyag hőkezelsét az MMG Zrt. edző műhelyében végzik vákuum kemencében. Az alkatrész elvárt keménysége 60-62HRC. Az edzést vákuum kemencében végzik. Az első lépésben feszültség mentesítés történik, az alkatrészek megmunkálása során (marásakor, esztergálásakor) belsőfeszültségek keletkeznek az anyagban, ezzel a lépés ezeket a feszültségeket csökkentjük.

A diagrammon a következő fázisban az alkatrészt felmelegítjük 1080°C-ra. A felmelegítés kétszakaszban történik. Az első szakaszban az anyagot 650 °C-ra melegítjük majd hőntartjuk. Lépcsős hőntartást végzünk. A hőntartás ideje függ az alkatrész keresztmetszetétől és nagyságától. A második szakaszban 900°C-ra melegítjük az anyagot, és hőntartjuk. A következőszakaszban 1080°C-ra melegítjük az anyagot edzési hőmérsékletre. A hőntartás ideje az átmelegedéstől számítva 30perc. Ezen a hőmérsékleten az anyagban a ferrites szövetszerkezet átalakul Ausztenites szövetszerkezetre. A hőntartás után következik a folyamatos, gyors hűtést vákuumban, amely Nitrogéngázzal történik.

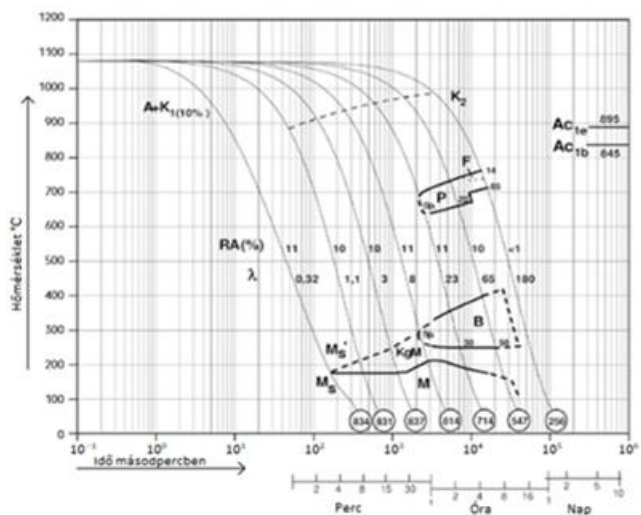


24. ábra Edzési diagramm [9]

A kemencében a hűtést magasnyomáson Nitrogén gázzal végzik, minél nagyobb a gáz nyomás annál rövidebb hűtési idő ezáltal gyorsabb a hűtési sebesség. Az alkatrész lehűtése után három magas hőmérsékletű megeresztés következik. A megeresztések között keménységméréseket kell beiktatni.

7.4.1 Folyamatos hűtés.

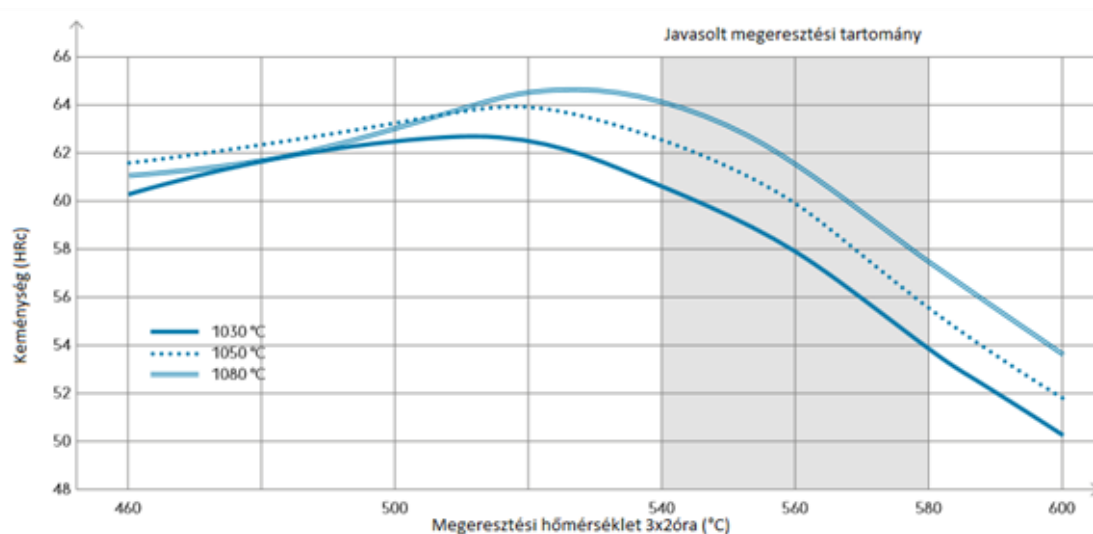
Próba	λ	HV ₁₀
a	0,32	834
b	1,10	831
c	3,00	837
d	8,00	814
e	23,00	714
f	65,00	547
g	180,00	256



25. ábra Hűtési paraméterek és folyamatos hűtési görbék[9]

A hűtési paraméterekkel feltüntetett hűtési görbék az 25. ábrán láthatóak. Az ábráról leolvasható, hogy a λ értékekhez tartozó görbék hűlési sebessége mennyire befolyásolja az anyag keménységét. Az ábra alapján megállapítható, hogy az Ms-M vonal mentén marad az anyagban a legkevesebb martenzit 180°C-220°C között.

7.4.2 A magas hőmérsékletű megeresztés.



26. ábra Magashőmérsékletű megeresztés [9]

A porkohászati anyagok edzési hőmérséklete (1080°C) A magas hőmérsékletű megeresztést az 26. ábra szemlélteti, amely 3 hőmérsékleten edzett anyag megeresztését ábrázolja. Esetünkben 1080°C edzési hőmérséklethez tartozó megeresztési görbét kell figyelembe vegyük. A K490 megeresztési hőmérséklete a kért keménységhez (60-62 HRC) 560°C. Az ábrán szürkével jelölt terület az ajánlott megeresztési tartomány. A magas megeresztési hőmérséklet lehetővé teszi a vágóelemek nagyteljesítményű huzalszikra forgácsolását, valamint a vágóélek és a hajlító felületek bevonatolását. A magas bevonatolási hőmérséklet az anyag keménység csökkenését okozza. A bevonatolási hőmérséklet 200°C.

8 Keménységmérés

A szerszám vágóelemeinek keménysége az edzés után 60-62HRC. A keménységet az MMG Zrt. hőkezelőjében mérik, majd mérési jegyzőkönyvvel adják ki az alkatrészeket.

8.1 Rockwell keménységmérés

Lényegesen különbözik a Brinell és Vickers keménységmérésektől abban, hogy itt nem a $H=F/A$ -val fejezik ki a keménység értékét, hanem a benyomódás mértékét használjuk, annak mértékéül. A benyomódást egy 120°-os gyémántkúppal, vagy egy 1,5875 mm (1/16") átmérőjű edzett acélgolyóval létesítjük. A benyomódás mélységét nem a próbatest felszínétől mérjük, hanem egy kisebb előterheléssel létesített kis benyomódástól. Az előterhelést követően a műszert lenullázzuk, és a főterheléssel a kúpot vagy a golyót tovább nyomjuk. Ezután a főterhelést megszüntetve és az előterhelést meghagyva, leolvassuk, hogy a főterhelés milyen mélyre nyomta a próbába a nyomótestet.

Az előterhelés célja az, hogy a nyomótest megbízhatóan érintkezzék a próbatest anyagával és a főterhelés hatására létrejött mélységnövekedésből adódjék a tényleges keménységi érték. A főterhelés hatására létrejött benyomódás mértékét 0,002 mm-es egységekben kell mérni.

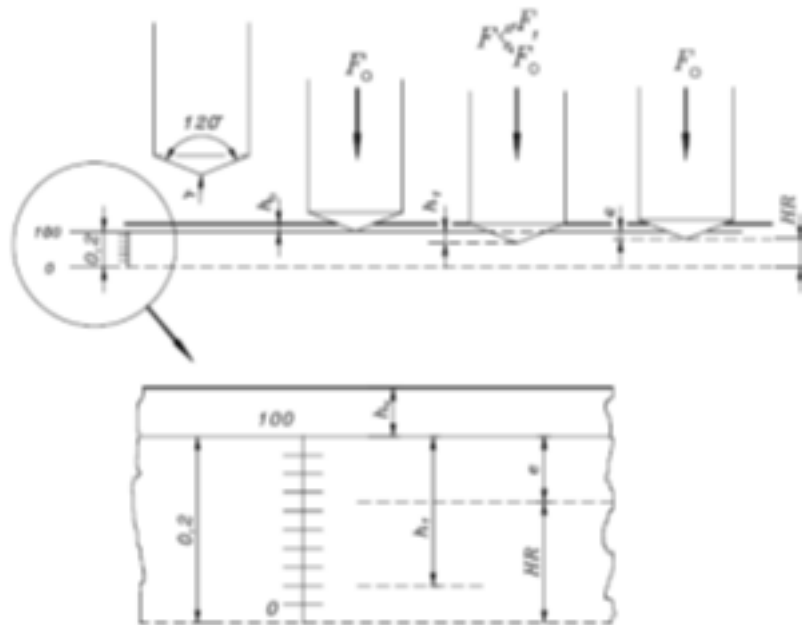
Mivel a lágyabb anyagokban a nyomótest mélyebbre képes hatolni, ezért a nagyobb szám kisebb keménységet jelentene. Ennek elkerülése végett a benyomódás egységeiben kifejezett értéket egy állandó számból kivonjuk, ami a kúp alakú nyomótest (HRA, HRC – főterheléstől függően) esetén 100, golyó esetén (HRB) 130. Ezek alapján, ha a főterhelés hatására létrejött benyomódás mértéke e , akkor $HRC (HRA) = 100 - \frac{e(mm)}{0,002 mm}$; $HRB = 130 -$

$$\frac{e(mm)}{0,002 mm} \quad [13]$$

A vizsgálat feltételei:

- a gyémántkúp csúcshöge 120°+/-0,5° lehet, az acélgolyó átmérője pedig 1,5875+/-0,0035mm, anyaga pedig 850 HV 10 keménységű edzett acél. Alakváltozás esetén a golyót cserélni kell.
- a vizsgálatot 20 +15/-10 °C hőmérséklet határok között lehet végezni, kivétel a döntővizsgálatok, ahol 20±2 °C.
- A nyomótest mozgásiránya merőleges legyen a vizsgálandó felületre.
- Az előterhelés mértéke 98 N (~10kp), amit lökés, és rezgésmentesen kell ráadni
- A vizsgálandó felület sima, és fémtiszta legyen
- A vizsgálandó tárgyat szilárd alapra, elmozdulás mentesen kell a gépre rögzíteni.

- A vizsgálandó tárgy vastagsága a benyomódás mértékének legalább 8-szorosa legyen, a vékonyabb darabokat ajánlatos ~62,5 kp, illetve ~60 kp összterheléssel vizsgálni (HRA 62,5, és HRA 60)
- A benyomat középpontja a próbatest szélétől a nyomátmérő 2,5-szerese legyen, két szomszédos benyomódás középpontja közti távolsága pedig a nyomátmérő 4-szerese legyen.
- Főterhelések mértéke: HRC $F_1=1373,4\text{ N}$ (~140kp), HRB $F_1=883\text{ N}$ (90 kp) [13]



27. ábra Rockwell keménységmérés elve [13]

9 Vágóelemek bevonatolása

9.1 PVD bevonatok

PVD $\equiv$ Physical Vapour Deposition (Fizikai gőzfázisú bevonás)

A szerszám kivágó és hajlító elemeinek élettartam növelése érdekében a kivágó és hajlító elemeket bevonatoltattuk. A bevonatolás célja a kopásállóság és az éltartalom növelése.

Ezek a bevonatok PVD (Physical Vapour Deposition) fizikai gőzfázisú bevonatolási eljárással vagy PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) plazmával segített kémiai gőzfázisú bevonatolási eljárással készülnek. PVD eljárással elsősorban nitrid alapú bevonatokat (TiN, TiAlN, CrN), PACVD eljárással DLC (Diamond Like Carbon) gyémántszerű amorf karbon bevonatokat állítanak elő. Amennyiben az előállított bevonat nano méretű szemcsékből, kristályokból áll és a nitrid vagy amorf karbon mátrixban valamilyen töltőanyagot (erősítő fázist, tulajdonság módosító fázist) tartalmaz, akkor a bevonat a nanokompozit elnevezést kapja. [10]

A bevonó anyagot (leendő bevonat komponenseit) fizikai módszerekkel (párologtatással, porlasztással) szilárd állapotból gőzfázisba viszik és az így létrejött bevonat-alkotórészeket a munkadarab felületére csapatják. A párologtatás és a porlasztás vákuumban történik ezáltal a bevonat és az alapfém között adhéziós kötés jön létre.

A munkadarab felületének hőmérséklete nem haladja meg az 520°C-ot, így olyan anyag felületén alakítható ki bevonat, amely más eljárásokkal (pl. CVD) nem lehetséges, pl. : kis átalakulási hőmérséklettel járó ötvözet, műanyagok, stb.

Előnyök:

- Nagy olvadáspontú fémek rétegeinek kialakítása az olvadáspontnál alacsonyabb hőmérsékleten – porlasztás esetén
- Szubsztrát hőmérséklete alacsonyan tartható
- Lehetséges komplex rétegszerkezetek kialakítása (nanokompozitok)
- Tiszta technológia – környezetkímélő, melléktermékek nem keletkeznek

Hátrányok:

- Költséges eljárás – bonyolult vákuumrendszert igényel (karbantartás)
- A rétegek tapadása nem mindig kielégítő
- Technológiai paraméterek beállítása nem egyszerű

PVD bevonatképzés 3 fázisa:

- 1. fázis Elpárologatás:** anyagleválasztás a targetról (forrás, katód)
- 2. fázis Anyagtranszport:** A leválasztott anyag szállítása a plazma állapotú közegben.

A szállítási lépés a nagy sűrűségű plazmán keresztül történik. A plazma töltött részecskék halmaza, amelynek összetevőit mágneses mezővel befolyásolva hajlamos egyenes vonalban vagy "felhőben" áramlani a forrástól a szubsztrátumig. A plazma különböző tulajdonságokkal ruházható fel, attól függően, hogy milyen technikát alkalmazunk annak előállítására.

- 3. fázis Lecsapás:** csíráképződés és rétegnövekedés

Az alkatrész felületén, a plazmában áramló leválasztott anyag és reakciógáz hozza létre a bevonatot (TiN, CrN, TiAl)

Több évtizedes fejlesztés után a PVD bevonatok szerkezeti felépítése hatalmas változáson ment keresztül, a legegyszerűbb egyrétegűtől a többrétegűre, a gradiensre és újabban a fejlett adaptív bevonatokra változván. A PVD bevonatokat fejlettségi szint alapján négy generációra oszthatjuk, ezzel bemutatva a bevonatszerkezetek fejlődés történetét [15]

1. egykomponensű bevonatok;
2. többrétegű és többkomponensű bevonatok;
3. gradiens, szuperrács és nanostrukturált bevonatok;
4. intelligens (adaptatív vagy kaméleon) bevonatok.

A kombinálás előnyei egy bevonaton belül abból adódnak, hogy a több eltérő szerkezetű és összetételű bevonat réteg magában foglalja a különböző kedvező tulajdonságok kihasználhatóságát, amelyek lehetnek:

- a fizikai tulajdonságok, például diffúziós gát és alacsony súrlódás,
- a mechanikai, illetve kémiai tulajdonságok közti eltérés csökkentése a szubsztrátum és a bevonat között (főleg a tapadás fokozása érdekében),
- a maradék feszültség kordában tartása, csökkentése a bevonaton belül,
- a repedések megállításának képessége működés közben durva üzemi körülmények között,
- az alkalmazkodóképesség az üzemi feltételek változásához,
- a keménység vagy a szívósság fokozása.

10 Eredmények bemutatása.

A szerszám átalakítása után a szerszám hatékonysági számát 55%-ra emelték. Az üres mezőkkel jelölt hónapokban nem gyártották a terméket. Az átalakítás a tervezett határidőre elkészült és átadtuk a termelés részére. Az alkatrész bemintázását újra meg kellett csinálni.

- A bemintázáshoz szükséges oldalanként 5-5db (A, B fészek) alkatrész komplett mérési jegyzőkönyv.
- Képességvizsgálat oldalanként 100-100db SC/CC pontok méréséből állt.

Az elkészült mérési jegyzőkönyveket elküldték a vevő részére. Az alkatrész gyártásának az engedélyezése után az első kiírás db-száma 140000db volt, amit a szerszám különösebb fennakadás nélkül teljesítettünk. A szerszám átadása óta csak márciusban és áprilisban nemsikerült elérjünk az 55%-os havi széria számot. Augusztusban nem termeltünk a szerszámmal.

Széria cél 2024-ben OEE>55%												
Átlag OEE	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	2024-07	2024-08	2024-09	2024-10	2024-11	2024-12
400 005	46%	0%	38%	52%	56%	56%	57%	0%	58%	56%	0%	0%

7. táblázat 2024-ben elért gyártási eredmények.[14]

A számok alapján látható, hogy a szerszám az új nagyobb teherbírású alapanyagból képes a megfelelő minőségű és mennyiségű alkatrész gyártására. A fejlesztéseknek és az új szerszám kialakításának köszönhetően a szerszám karbantartási ideje lecsökkent. A szerszámban a hajlító elemek és lyukasztó elemek gépen történő cseréjének lehetővé tétele csökkentette a mellékidők csökkentését. A lyukasztóknak kisméretű tartókat alakítottunk ki, amelyeket ezután a többi bélyegtől függetlenül lehet bájlagolni élezés után. A tekercs cseréknél egy esetleges hajlítási hibának a javítását is könnyebben és gyorsabban tudjuk elvégezni. Az oszlopok vastagságának növelése és a fejlapban történő rögzítése stabilabbá tette a szerszámot gyártás során, lecsökkentve a szerszám „úszását” kivágáskor. A lyukasztók bájlagolása is egyszerűbb lett az élezések után. A vágó elemek bevonatolásával megnöveltük a vágóélek élettartamát. A vágó és hajlító elemek PVD ÉS DLC bevonatot kaptak. Az eddig eltelt időben bizonyossá vált, hogy a szerszám megfelel a termelés igényeinek kielégítésére.

Irodalom jegyzék

- [1] [1]T.Miklós,
„https://www.researchgate.net/publication/285036292_Material_and_technological_developments_in_sheet_metal_forming_with_special_regards_to_the_needs_of_the_automotive_industry,” [Online].
- [2] [2]D. J.-V. Ferenc, Gépjárműgyártás, fenntartás, Kecskemét: Kecskeméti Főiskola Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar, 2011.
- [3] [3]„www.meusburger.com,” [Online].
- [4] [4]CADMÉRNÖK, „CAD MÉRNÖK creative technologies and drawing,” [Online]. Available: https://cadmernok.hu/blog/tovabb_olvasom/mi-is-az-a-cad-tervezes-5. [Hozzáférés dátuma: 02 12 2021].
- [5] [5]Z. Ferenc, „Bevezetés a SolidWorks-be,” BME Mechatronika, Optika és Műszertechnika tanszék, Budapest, 2004.
- [6] [6]„<https://products.tatasteelnederland.com/sites/producttsn/files/tata-steel-engineering-ympress-s420mc-high-strength-steel-datasheet-en.pdf>,” 02 11 2024. [Online]. [Hozzáférés dátuma: 02 11 2024.11.02].
- [7] [7]„<https://products.tatasteelnederland.com/sites/producttsn/files/tata-steel-engineering-ympress-s550mc-high-strength-lightweight-datasheet-en.pdf>,” 02 11 2024. [Online]. [Hozzáférés dátuma: 02 11 2024].
- [8] [8]„<https://www.bohler-edelstahl.com/de-at/>,” 02 11 2024. [Online]. [Hozzáférés dátuma: 02 11 2024].
- [9] [9]Böhler Edelstahl GmbH & Co KG Kundenseminar GJ 2017 ET-TS, Technischer Service 2017.03.22. [Performance]. Böhler Edelstahl GmbH & Co KG Kundenseminar GJ 2017 ET-TS, Technischer Service 2017.03.22, 2017.
- [10] [10]D. Mattox, Handbook of Physical Vapour Deposition (PVD) Processing, Elsevier Inc., ISBN 978-0-81-552037-5, 2010., Park Ridge, New Jersey, U.S.A.: NOYES PUBLICATIONS, 2010.
- [11] [11]Haulick 250t préségép gépkönyv. 2007.
- [12] [12]Z. Németh, L. Dr.Pilissy , R. Dr. Neményi, K. Dr. Smóling, Á. Dr. Szombatfalvy és B. Dr. Szőke, A hőkezelés technológiája, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1985.
- [13] [13]J.Dr.Fehér, Keménységmérés., Dunaújváros, Atomerőműi Képzési Bázis 7.2.1., 2021.
- [14] [14]„WWW.advaltech.com,” [Online].

- [15] [15]C. Donnet és E. A, „Historical developments and new trends in tribological and solid lubricant coatings” in Surface and Coatings Technology 180-181 (2004), Strasburg France, 2004, pp. 76-84.

Ábrajegyzék

1. ábra:	1. ábra Sávterv (saját kép)	10
2. ábra:	2. ábra A Régi szerszám alsó és felsőrésze (saját kép).....	11
3. ábra:	3. ábra Régiszerszám felsőrész fejlap+rendszer rugók (saját kép)	11
4. ábra:	4. ábra 400 005 szerszám (saját kép)	12
5. ábra:	5. ábra 400 005 szerszám alsó rész (saját kép)	12
6. ábra:	6. ábra 400 005 új szerszám felsőrész (saját kép).....	13
7. ábra:	7. ábra 400 005 szerszám lengővezeték (saját kép).....	13
8. ábra:	8. ábra 400 005 szerszám lyukasztók bélyegtartóval (saját kép).....	14
9. ábra:	9. ábra 400 005 szerszám hajlító bélyegek (saját kép)	14
10. ábra:	10. ábra Az E 6350 2385/75/16 jelzésű gázrugó műszaki adatai [3].....	15
11. ábra:	11. ábra Az E 6350 2385/75/16 jelzésű gázrugó beépítési sémája [3]	15
12. ábra:	12. ábra A prés gép teljesítmény görbéje [11]	16
13. ábra:	13. ábra A prés gép sajtolóerő diagramja [11].....	17
14. ábra:	14. ábra Böhler 1.2379 szövetkép 500x nagyítás (saját kép)	18
15. ábra:	15. ábra K110 gyártási folyamata és felhasználása [9].....	19
16. ábra:	16. ábra Böhler K490 szövetkép 500x nagyítás (saját kép).....	20
17. ábra:	17. ábra A porkohászati porok generációi [9]	21
18. ábra:	18. ábra A 1-3generációs porok mérete [9]	21
19. ábra:	19. ábra A porkohászati porok gyártása és felhasználásainak folyamata [9] ..	22
20. ábra:	20. ábra Kapszula és por méretek HIP előtt és után [9].....	22
21. ábra:	21. ábra K110 hőkezelési diagrammja [9].....	26
22. ábra:	22. ábra K110 folyamatos hűtési görbéi [9]	27
23. ábra:	23. ábra K110 magashőmérsékletű megeresztési diagrammja [9]	28
24. ábra:	24. ábra Edzési diagramm [9].....	29
25. ábra:	25. ábra Hűtési paraméterek és folyamatos hűtési görbék[9].....	30
26. ábra:	26. ábra Magashőmérsékletű megeresztés [9]	31
27. ábra:	27. ábra Rockwell keménységmérés elve [13]	33
28. ábra:	1. táblázat 2023-ban elért gyártási eredmények [14].....	4
29. ábra:	2. táblázat S420MC alapanyag kémiai összetétele [6]	6
30. ábra:	3. táblázat S550MC alapanyag kémiai összetétele [7]	7
31. ábra:	4. táblázat Haulick 250T prés gép műszaki adatai[11].....	16
32. ábra:	5. táblázat K110 kémiai összetétele [8]	19

33. ábra:	6. táblázat K490 kémiai összetétele [9]	29
34. ábra:	7. táblázat 2024-ben elért gyártási eredmények.[14].....	36