



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

Anyagmérnök BSc

Rezümé

A dolgozatomban egy 2024-es projektemet prezentálom, amely során egy kivágó-, hajlító présszerszám átalakítását végeztük el a stabilitás, valamint a hatékonyság növelése céljából. Egy autóiipari cégnél dolgozom ahol préstechnikával biztonságtechnikai és motortartó elemeket gyártunk. A 400-005-ös szerszám élettartam garanciájának lejártával lehetőségünk nyílt a szerszámnak nem csak a felújítására, hanem modernizálására, átalakítására.

A dolgozatot 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 követ 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. Ismertetem 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 élettartam hosszabbítás céljából.....	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
4	Számítógépes 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 présgép bemutatása.....	16
6	Vágóelemek.....	18
6.1	Böhler K110 DIN 1.2379, X153CrMoV12	19
6.1.1	Böhler K110 előállítás.	19
6.2	Böhler K490 MICROCLEAN	21
6.2.1	Porkohászati porok gyártása	22
7	Hőkezelés	25
7.1	Az edzés.....	25
7.2	Böhler K110 hőkezelése	25
7.2.1	Folyamatos hűtés.	27
7.2.2	Magashőmérsékletű megeresztés.....	28
7.3	K490 hőkezelése.	29
7.3.1	Folyamatos hűtés.	30
7.3.2	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

Az autóiparban napjainkban tapasztalható egyre szigorúbb minőségi követelmények miatt a lemezalkatrészek gyártása elengedhetetlen fontosságú. A hagyományos hidegalakító eljárások ugyanakkor egyre kevésbé képesek megfelelni a növekvő elvárásoknak, mind minőségi, mind mennyiségi szempontból, így szükségessé vált ezek továbbfejlesztése. Ennek következményeként a gyártási folyamatokban megjelentek a kombinált kivágó hajlító szerszámok, valamint az ezekhez kapcsolódó korszerű infrastruktúra.

Az autóipar fejlődése szempontjából kiemelt jelentőségű a tartókomponensek és az alkatrészek összekapcsolására szolgáló elemek gyártása. E folyamatban kulcsszerepet játszanak az innovatív szerszámtechnológiák.

Dolgozatomban egy kivágó hajlító sorozatszerszám átalakítási projektjét mutatom be. A projekt célja a 400 005-ös sorozatszerszám modern technológiai megoldásokkal való átalakítása, amely a gyártás stabilitásának biztosítása mellett a hatékonyság növelését is szolgálja.

2 Kivágó-hajlító szerszám módosítása élettartam hosszabbítás céljából.

2.1 Probléma felvetés

A 400 005-ös szerszámot 2011.09.21-én adtuk át a termelés részére. Az akkori szerződésben Az akkori szerződés 5 millió darabos gyártási volumenről vagy 7 éves élettartamról rendelkezett. A szerszámon ezidő alatt is sok apró változtatást eszközöltünk. Az elmúlt időszakban számos kisebb módosítást hajtottunk végre a szerszámon: megerősítettük az alaplapot, az oszlopokat nagyobb átmérőjűekre cseréltük, de jelentős átalakításokra nem volt lehetőségünk. 2018-ban a szerszám élettartamát meghosszabbították, de az erre biztosított keretösszegeket kizárólag karbantartásra és pótalkatrészek gyártására fordíthattuk, amelyek csak az alapvető működés fenntartását tették lehetővé. 2023 végén a vevő újabb élettartam-hosszabbítást kért. A 13 évnyi gyártás során a szerszámmal összesen 12 millió darab alkatrészt állítottunk elő, ami elkerülhetetlenné tette a főbb elemek cseréjét. A hosszú évek alatt számos konstrukciós hibát sikerült kiküszöbölnünk, de voltak olyan szerszámelemek, amelyeket teljes egészében cserélnünk kellett. Az újabb élettartam-hosszabbítás a termék alapanyagának váltásával is együtt járt: az S420MC helyett S550MC alapanyagot kezdtünk használni, amely nagyobb szakítószilárdsággal rendelkezik.

Az élettartam meghosszabbítására irányuló projekt lehetőséget biztosított a szerszám teljes átalakítására, amely során megszüntettük a korábbi konstrukciós hibákat, jelentősen javítva a szerszám termelési mutatóit. Az 1. táblázat bemutatja a 2023-as OEE gyártási eredményeket, amelyek alapján a szerszám hatékonysága értékelhető. A kimutatás a teljes munkaidőt maximális értéként veszi figyelembe, és a kalkulált veszteségidők (beállítás, mérés, felszerelés, kötelező szünet) levonásával határozza meg a széria célteljesítményt, amely az átalakítás előtt csupán 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 kiemelten fontos 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 karbontartalom 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. Az S420MC acél egy mikroötvözött, hidegen alakított, nagy szilárdságú szerkezeti acél, amelynek kémiai összetétele a 2. táblázatban látható. A lemezvastagság esetünkben **s=3mm** volt. Az alkatrész alapanyagának mechanikai tulajdonságai az EN 10149-2:2013 szabvány szerint, $3\text{mm} \leq t < 5\text{mm}$ lemezvastagságra vonatkozóan a következők.

- Szakítószilárdság (R_m): 500-600 Mpa
- Folyáshatár (R_{eH}): 420 Mpa (*min.*)
- Szakadási nyúlás (A_{80}): 19 % (*min.*)

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

- Nyírószilárdság (τ_{ny}) $448 \frac{N}{mm^2}$ [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, autóiipari 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 10149-2:2013 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 N/mm^2 [7]

A szerszám tervezési folyamat első lépéseként elemezni kell az alkatrész geometriáját gyárthatósági szempontból, mivel az alkatrész kontúrján nem történt módosítás ezért gyárthatósági elemzését nem végeztünk. Az S550MC acél egy nagy szilárdságú, mikroötvözött szerkezeti acél, amely tipikusan kis mennyiségben tartalmaz ötvözőelemeket, mint például titánt (Ti), vanádiumot (V) vagy niobiumot (Nb), hogy biztosítsa a kiváló mechanikai tulajdonságokat és a kiváló alakíthatóságot.

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 Számítógépes 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.

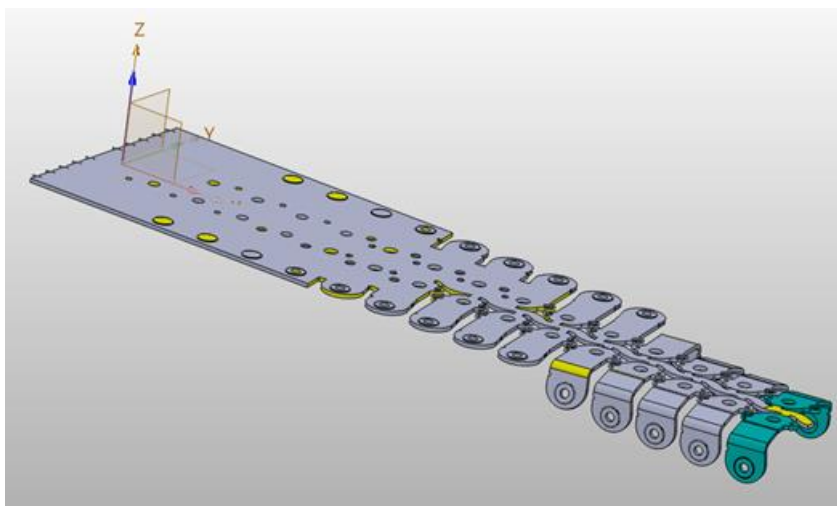
A SOLIDWORKS a Parasolid modellező kernelt használja, amely az egyik legmodernebb geometriai modellező magnak mondható. Ezt a matematikai magot alkalmazza legtöbb mérnöki feladatot végző program, illetve rendszer, hiszen a Parasolid piacvezető a modellező szoftverek között.

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 1. ábrán a 400 005-ös szerszámmal gyártott alkatrész sávterve látható. A régi sávterv megegyezik az új szerszámmal gyártott sávtervvel.

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 használunk. Ezeknek a dolgoknak a figyelembe vételével kezdtük a szerszám át tervezését.

5.1 Régi szerszám működése és hiányosságai

Az eredeti kialakítás szerint a vezető oszlopok a szerszám alsó részében helyezkedtek el, míg a vezető perselyek a szerszám felső részében, a lengő vezetékben voltak rögzítve. A kivágó- és hajlító elemek a bélyegtartóban, a fejlaphoz rögzítve kaptak helyet. A vezetőlapot távtartók és ütközők segítségével rögzítettük a fejlaphoz. Ez a szerszámkonstrukció bizonytalan működést eredményezett, mivel a fejlap nem állt közvetlen kapcsolatban a

vezető elemekkel. A medve párhuzamossági eltéréseit a fejlap a szerszám rögzítésekor felvette, ami miatt nem volt garantált a párhuzamosság az alaplappal.



2. ábra Régi és az új szerszám alsórésze (saját kép)

A tekerccseréknél sokáig tartott a szerszám beállítása, főleg–Sarzs váltáskor–anyatekercs váltáskor. A hajlítási lépésekben csak a szerszám alsórészában 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.

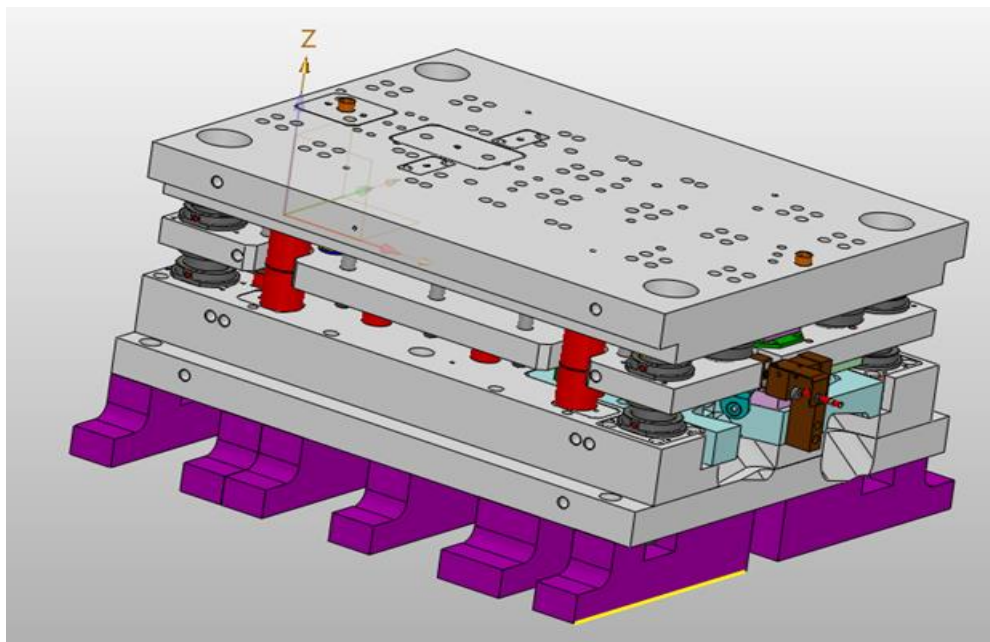
A szerszám felsőrészában a nyomó erőt rendszer rugók beépítésével oldottuk meg (A 3. ábrán sárga színű rendszer rugók 80db D50x100x2,5 mm méretű rugó).



3. ábra Régi szerszám felsőrész 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 alsó részét a vágólapok alatt megerősítettük.

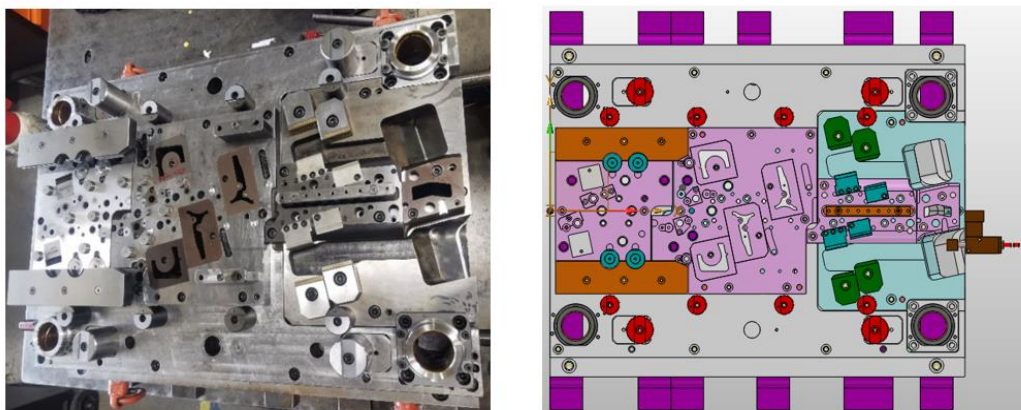
5.2 Az új szerszám



4. ábra 400 005 szerszám (saját kép)

A 4. ábrán a 400 005-ös átalakított szerszám 3D összeállítási rajza látható. A szerszám konstrukciója SOLIDWORKS tervező szoftverrel készült.

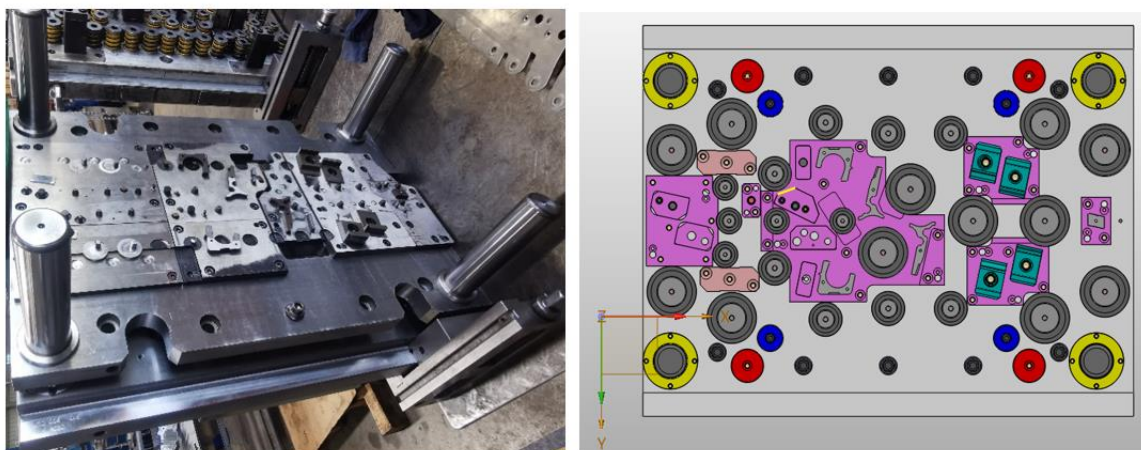
5.2.1 Szerszám alsórész



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

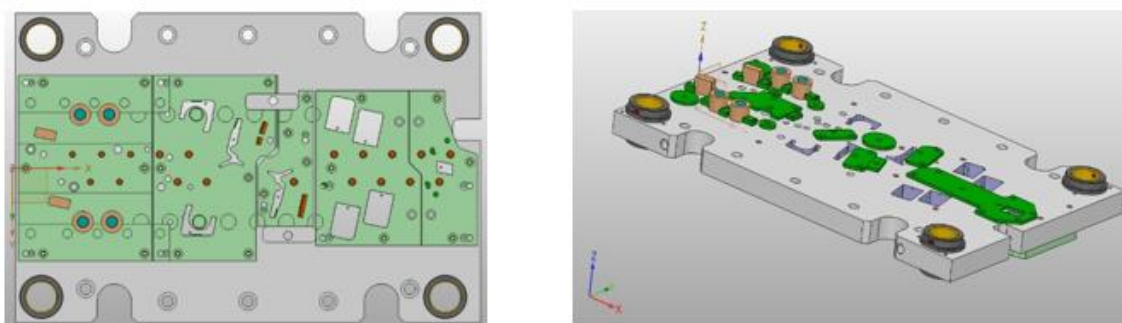
A vezető perselyeket áthelyeztük a szerszám alsó részébe, így megszüntettük a szerszám "úszását" a kivágó és hajlító műveletek során. Az oszlopok és perselyek átmérőjét 10 mm-rel megnöveltük. Az új perselyek rézbetétes kivitelűek lettek a kenés egyszerűsítése érdekében. A vágólapok anyagát hagyományos K110 (DIN 1.2379) acélról porkohászati K490 acélra cseréltük, hogy alkalmazkodjunk a gyártandó termék alapanyagának megnövekedett szilárdsági követelményeihez. A vágólap betéteket és a lyukasztó perselyeket PVD bevonattal láttuk el, míg a hajlítópárnák felületére DLC bevonat került. A vágólapok alatt az alaplapban vastag nyomólapokat építettünk be, és a hajlító lépésekhez az alaplap alá plusz gerendát szereltünk be a megnövekedett hajlítóerő kezelésére.

5.2.2 Szerszám felsőrész



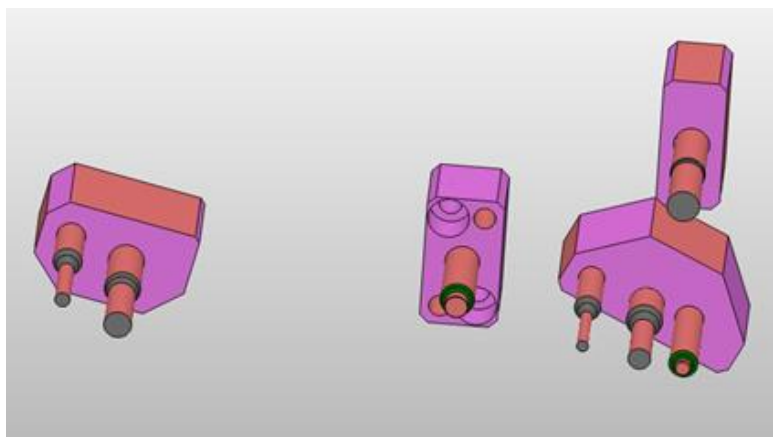
6. ábra 400 005 szerszám felsőrész (saját kép)

A szerszám felső részét teljesen újraterveztük. Új lengővezeték, új fejlap, valamint új bélyegtartók és leszorítólapok készültek. A bélyegtartók és a leszorítólap vastagságát növeltük, ezzel biztosítva a vágó- és hajlítóelemek stabilitását és pontos pozícióban tartását a műveletek során. A leszorítólap vastagságának növelésével a vágó- és hajlítóelemek megvezetési hossza is megnőtt.



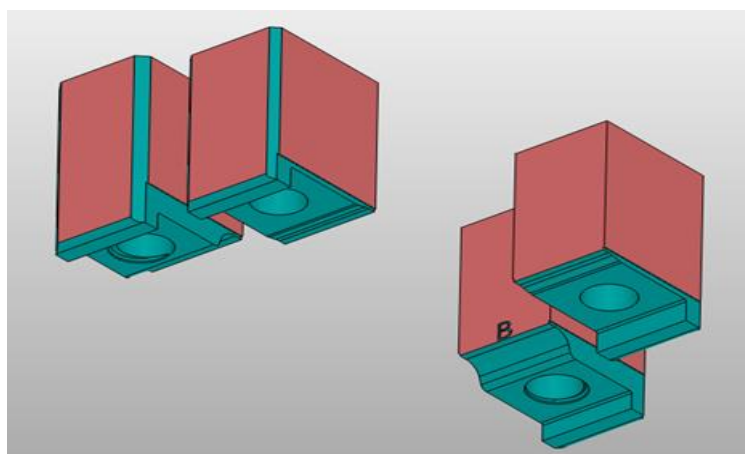
7. ábra 400 005 szerszám lengővezeték (saját kép)

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 vágó- és hajlítóelemek anyagát hagyományos 1.2379 acélról porkohászati K490 acélra cseréltük. A vágóelemeket PVD bevonattal, míg a hajlítóelemeket DLC bevonattal láttuk el.

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.

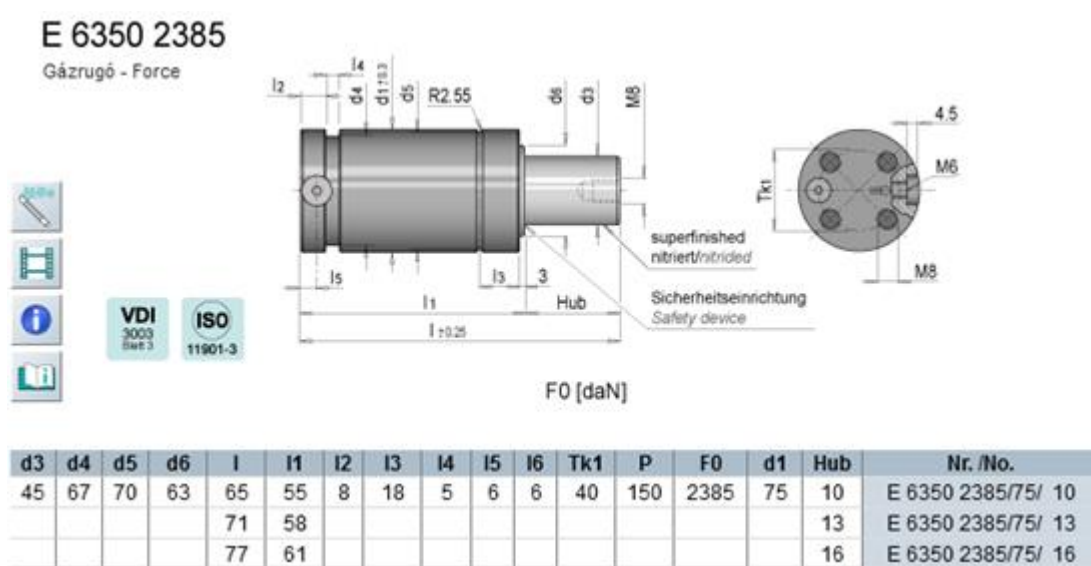
-5db 470/38/16

-8db 920/50/16

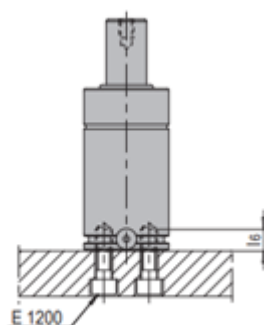
-12db 2385/75/16

A gázrugók nyomó ereje 38330 dkN [3]

A 10-es és a 11-es ábrán a szerszámba beépítésre került gázrugók műszaki adatai és a beépítési sémája látható.



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]

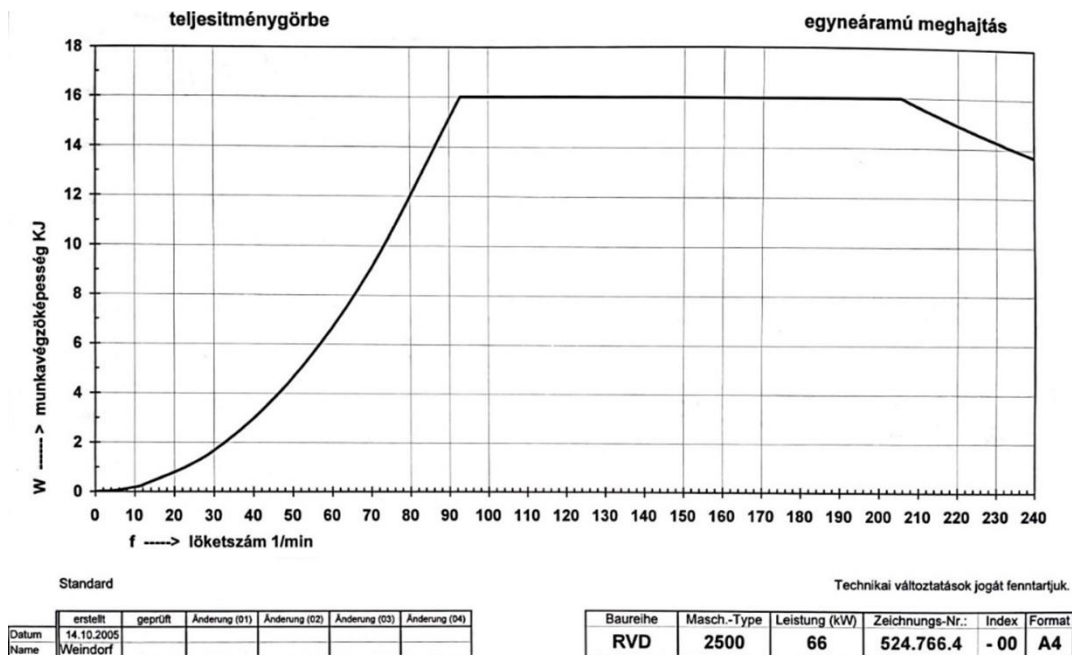
5.3 Az alkatrészt gyártó présgép bemutatása

Az adott erőszükséglethez egy 2500 kN nyomó erejű HAULICK ROOS márkájú excenter présgépet használtunk az alkatrészek gyártásához.

A présgép műszaki adatai:

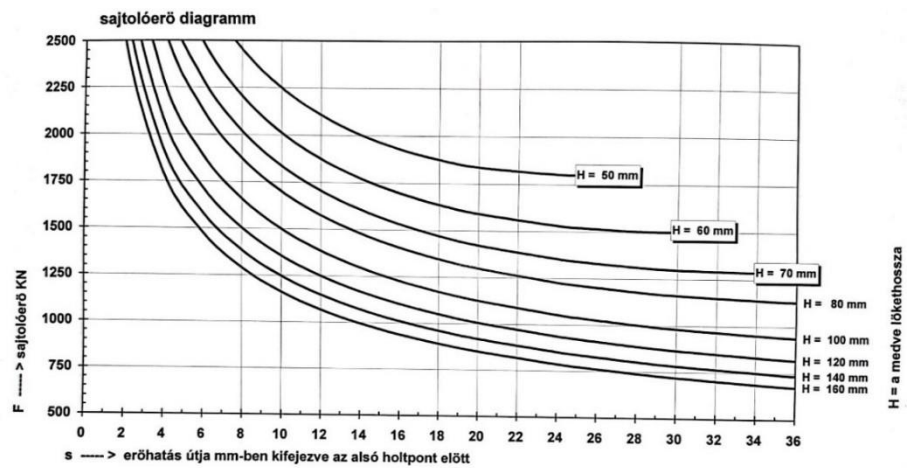
Névleges préselő		2500 kN
Percenkénti löketség	min.	30 1/min
	max.	180 1/min
Feszítőfelület az asztalon	hossz	1950 mm
	szélesség	1000 mm
Kiesőnyílás a présasztalnál	hossz	1600 mm
	szélesség	350 mm
Géptömeg		43000 kg
Meghajtási teljesítmény	Egyenáramfőhajtás	66 kW
Szalagmozgásiránya	Balról → Jobbra	

4. táblázat Haulick 250T présgép műszaki adatai[11]



12. ábra A présgép teljesítmény görbéje [11]

A présgép teljesítménygörbéjéről leolvasható az adott löketszámmal tartozó munkavégzőképesség. Vagyis például egy percenként 33-as löketű sebesség mellett a munkavégzőképesség 2KJ, amíg egy 94-től 206-ig terjedő szakaszon a gép teljesítménygörbéje eléri a maximumot, ami 16KJ.



13. ábra A prés gép sajtolóerő diagramja [11]

Erről az ábráról leolvasható, hogy az egyes lökethosszokhoz hogyan határozható meg a maximális préselő a lemezalakításokhoz igazítva. Vagyis példaként egy $H=100\text{mm}$ es lökethosszhoz, ha a maximális $F=2500\text{KN}$ erőt szeretnénk kihasználni, akkor azt a lemezalakítás során csak az alsó holtponttól számított utolsó 4mm-en áll rendelkezésre. Az alsó holtponttól 10mm-re már csak 1500KN áll rendelkezésre kivágásra / ráncfogásra / formázásra, illetve a gázrugók erejének a legyőzésére.

6 Vágóelemek

A szerszámban az alkatrészek külső és belső kontúrjainak kialakítása lyukasztokkal, szemnyomó bélyegekkel és kivágó bélyegekkel történik. A vágóelemek a szerszám alsó és felső részében találhatóak. A felsőrészben a lyukasztók, szemnyomó bélyegek, kivágó bélyegek valamint a hajlító bélyegek találhatóak. A szerszám alsórészében a lyukasztó perselyek, vágólap betétek, vágólapok, hajlító betétek találhatóak.

Csiszolatok készítése.

Az anyagvizsgálatokhoz mintákat vettem a kivágó elemek alapanyagaiból, amelyeket a Dunaújvárosi Egyetem metallográfiai laborjában készítettem elő és elemeztem. A csiszolatmintákat Struers LaboPress-3 mintakészítő géppel készítettem, majd a szövétképelemzéshez Struers LaboPol-5 géppel csiszoltam őket. A minták polírozását Buehler Beta polírozógéppel végeztem, 9 μ , 6 μ és 3 μ finomságú gyémántpasztával a megfelelő felületminőség elérése érdekében. A minták felületét 2%-os Nital oldattal marattam meg. Az így elkészített felületekről CARL ZEISS fémmikroszkóppal készítettem képeket. A Metallográfiai vizsgálatokat követően elvégeztem a K490 és az 1.2379 anyagok keménység mérését a gyártó üzem laboratóriumában. A keménység érték mindkét anyagminőség esetén 60 HRC volt.

A vágóelemek anyagai

A vágóelemek szövetszerkezetéről megállapítható, 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 20-25 μ m nagyságúak addig a porkohászati acélt alkotószemcsék mérete 1-2 μ m nagyságú. A szemcseméreték különbsége az anyagok gyártás technológiai különbségéből adódik.

6.1 Böhler K110 DIN 1.2379, X153CrMoV12



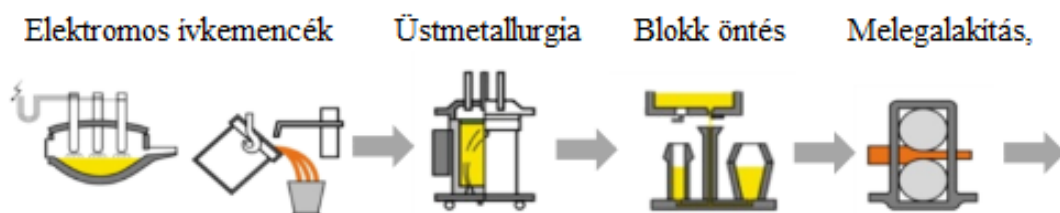
14. ábra Böhler 1.2379 minőségű vágóelem alapanyagáról készített szövetkép 500x nagyítás (saját kép)

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 jelű acél kémiai összetétele [8]

6.1.1 Böhler K110 előállítása.

Az K110-es anyag előállítása konvencionális eljárással gyártja a Böhler Edelstahl GmbH Ausztria. A K110 előállítása elektromos ívkemencében történik, majd ezt követően alsó öntést alkalmaztak, mint elsődleges alakadó technológiát. A leöntött tuskó (öntecs) alakját és méretét a későbbi alakítástechnológiai eljárások 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 ívkemencében 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 űstmetallurgiai kezelését a kén-telenítését, dezoxidálását a végső ötvözt és az öntési hőmérséklet beállítását. A további oxidáció létrejöttének 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

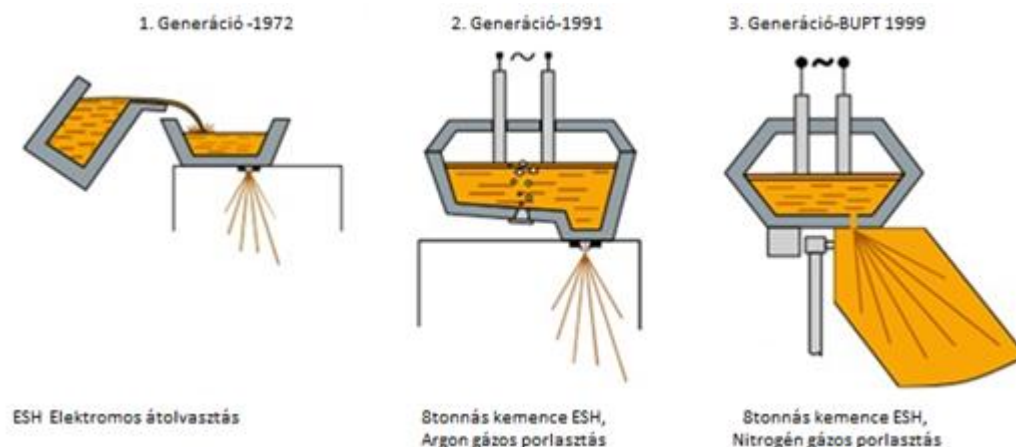
A Böhler K490 MICROCLEAN egy porkohászati úton előállított, nagy teljesítményű szerszámacél, amely kiváló kopásállóságot és szívósságot kínál. Ez az anyag ideális választás nagy igénybevételű szerszámok és alkatrészek gyártásához, különösen ott, ahol a hagyományos acélok nem nyújtanak elegendő tartósságot.



16. ábra Böhler K490 minőségű vágóelem alapanyagáról készített szövetkép 500x nagyítás
(saját kép)

6.2.1 Porkohászati porok gyártása

A porkohászati eljárás technológiai fejlődése.



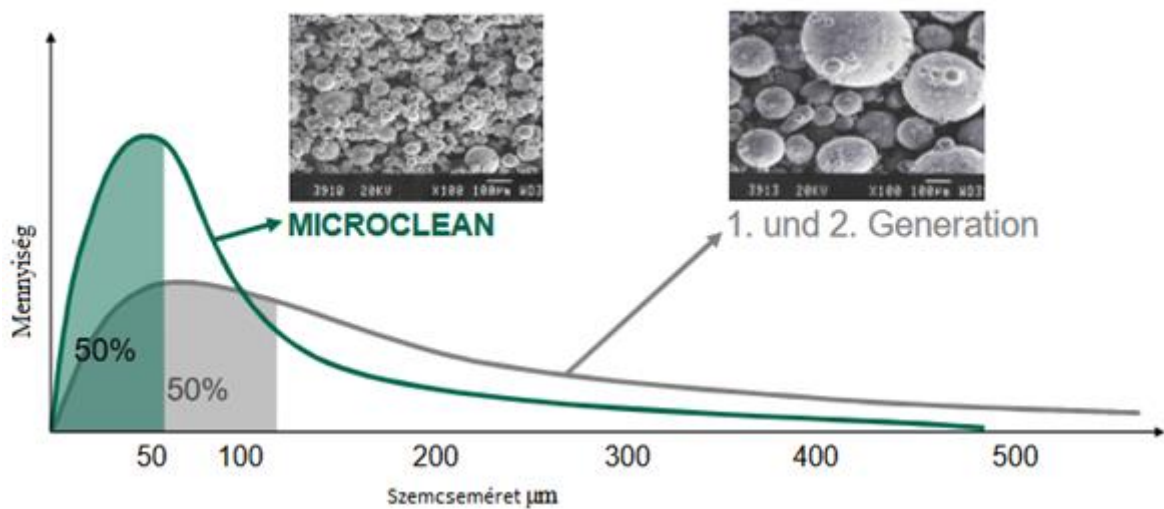
17. ábra A porkohászati porok generációi [9]

Első generáció (1972): Az első generációs porokat 1972-ben állították elő, mechanikus módszerekkel, például forgácsolással és őrléssel, amelyek során finom fém- és ötvözetporokat hoztak létre.

Második generáció (1991): A második generációs porokat 1991-ben vezették be, és már nagy mennyiségben állították elő. A porlasztási folyamathoz argon gázt használtak, ami csökkentette az oxidációt, így tisztább és jobb minőségű porokat eredményezett.

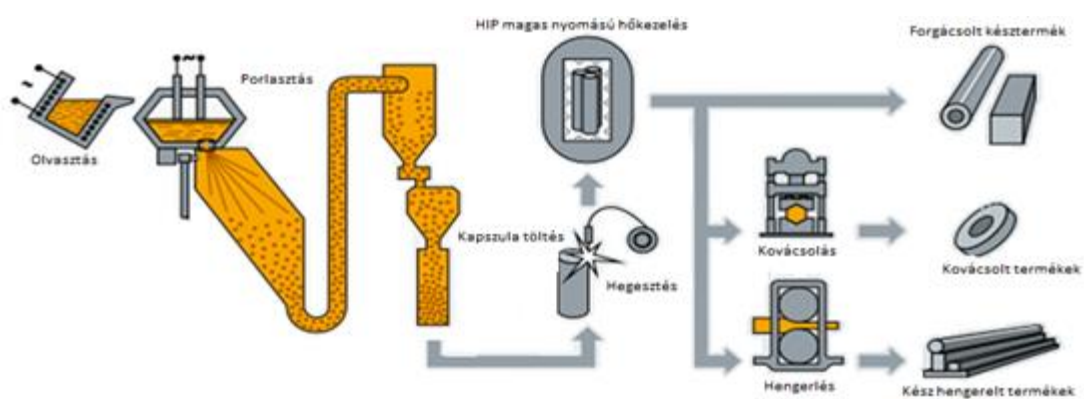
Harmadik generáció (1999): A harmadik generációs porok gyártása 1999-ben indult, nitrogén gázzal történő porlasztással. Ez költséghatékonyabbá tette a folyamatot, és javította a porok mechanikai tulajdonságait.

A porkohászati technológia lehetővé teszi olyan anyagok és alkatrészek gyártását, amelyek hagyományos módszerekkel nem, vagy csak nehezen készíthetők el, például magas olvadáspontú fémek, speciális ötvözetek és bonyolult formák esetében.



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. 18. ábrán az 1-2 generációs és a 3. generációs porok szemcse méretének különbségét lehet látni. A két képen a porok minőségi különbsége látható. [9]

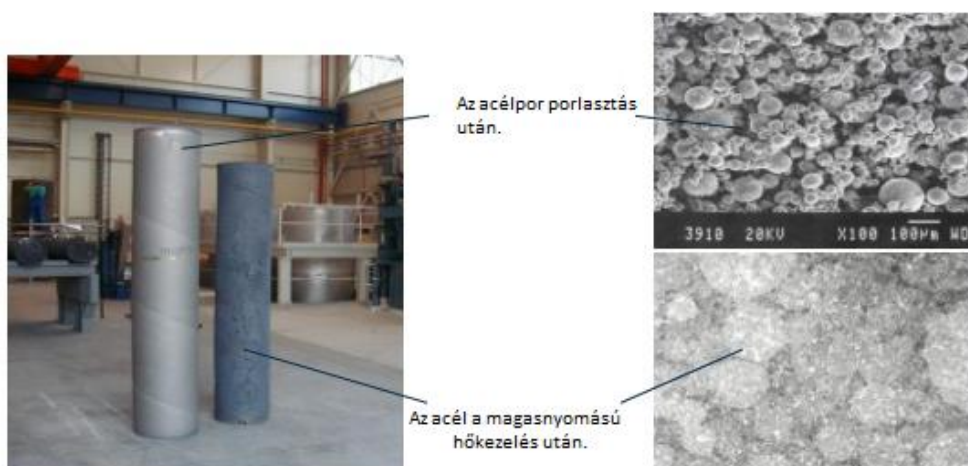


19. ábra A porkohászati porok gyártása és felhasználásainak folyamata [9]

Az alapanyag gyártás technológiai folyamata a következő. 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 MICROCLEN fantázia nevet kapták. Ezeknek nincs szabványos jelölésük a BÖHLER saját jelölését használja a speciális különleges acélokhöz (Pl.: K490, K890, S390.).

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

Ebben a fejezetben a vágóelemek régi és az új alapanyagainak hőkezelését mutatom be. Kihangsúlyozva a két hőkezelési technológia közötti különbséget.

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.

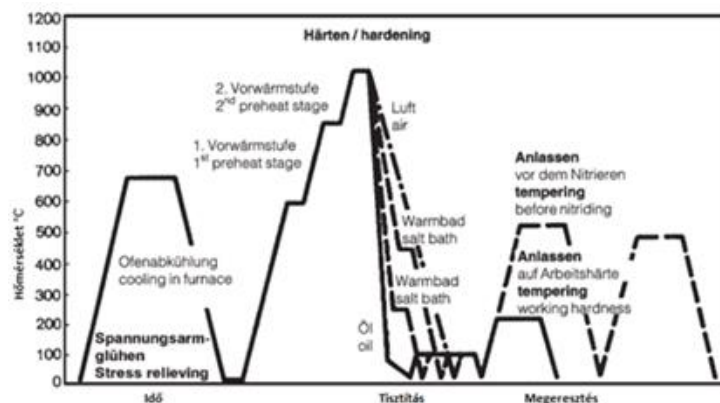
Az ötvöztetlen acélokat vízben, az ötvöztött acélokat olajban hűtve edzik. Az erősen ötvöztött acélok már a levegőn is megedződnek.[12]

7.2 Böhler K110 hőkezelése

A K110 edzési hőmérséklete 1070°C. A 21. ábrán látható az anyag gyártó által ajánlott hőkezelési diagramja, 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, esztergálásakor stb.) belsőfeszültségek keletkeznek az anyagban, ezzel a lépéssel ezeket a

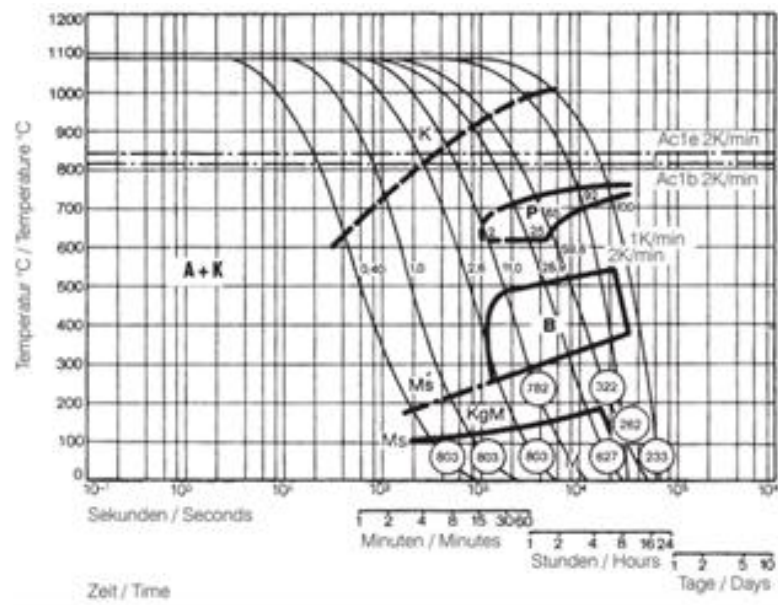
feszültségeket csökkentjük, hogy elkerüljük a maradandó méret változást, illetve a vetemedést.



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.

7.2.1 Folyamatos hűtés.

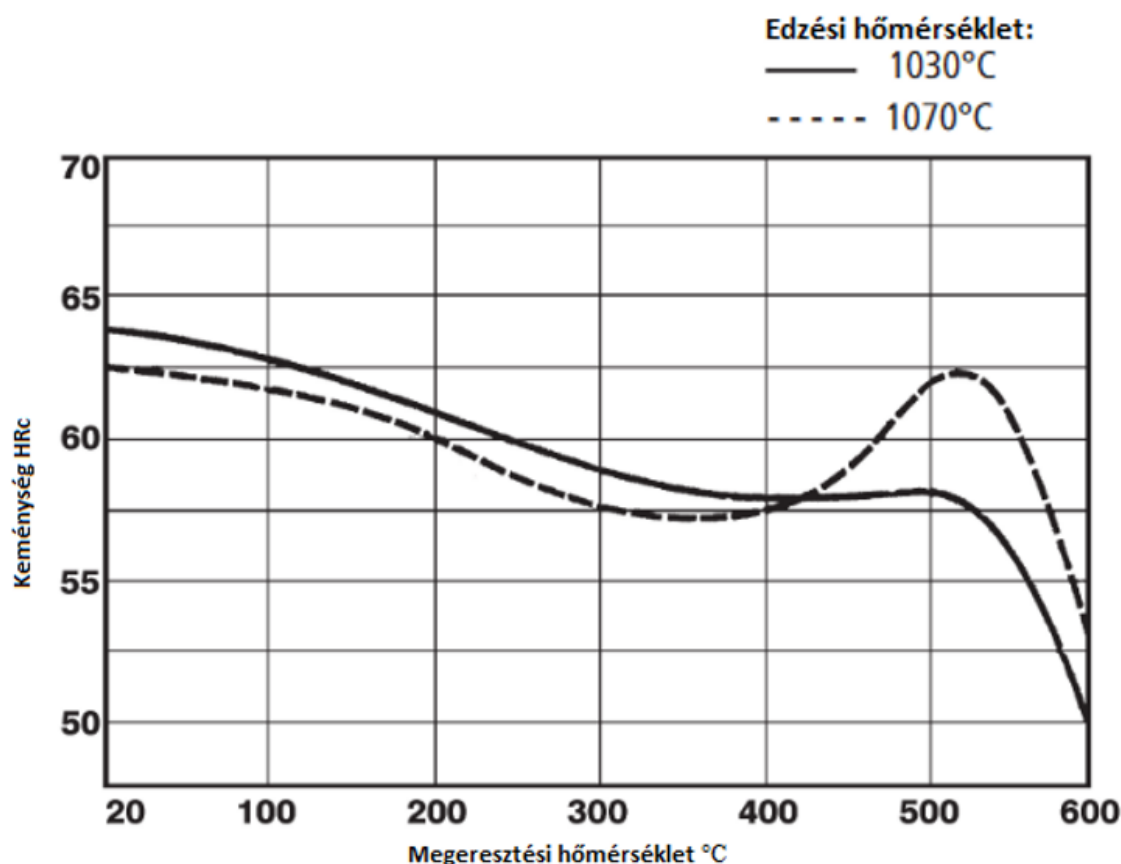


22. ábra K110 folyamatos hűtési görbéi [9]

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.

7.2.2 Magashőmérsékletű megeresztés



23. ábra K110 magashőmérsékletű megeresztési diagrammja [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. A magas megeresztési hőmérséklet lehetővé teszi a vágóelemek nagyteljesítményű huzalszakra forgácsolását valamint a vágóélek és a hajlító felületek bevonatolását. Alacsony hőmérsékletű megeresztésű anyagokban huzalszakra forgácsoláskor mikro repedések keletkezhetnek a vágás felületén. Ezeket az anyagokat nem lehet nagy tehrbírású bevonattal ellátni mert a bevonatolási hőmérséklet 500°C-520°C-fok között van. A magas bevonatolási hőmérséklet az anyag keménység csökkenését okozza.

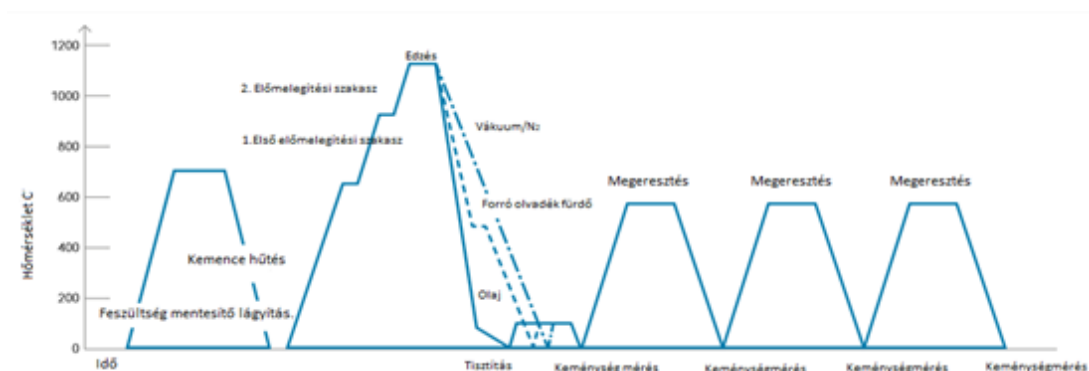
7.3 K490 hőkezelése.

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.



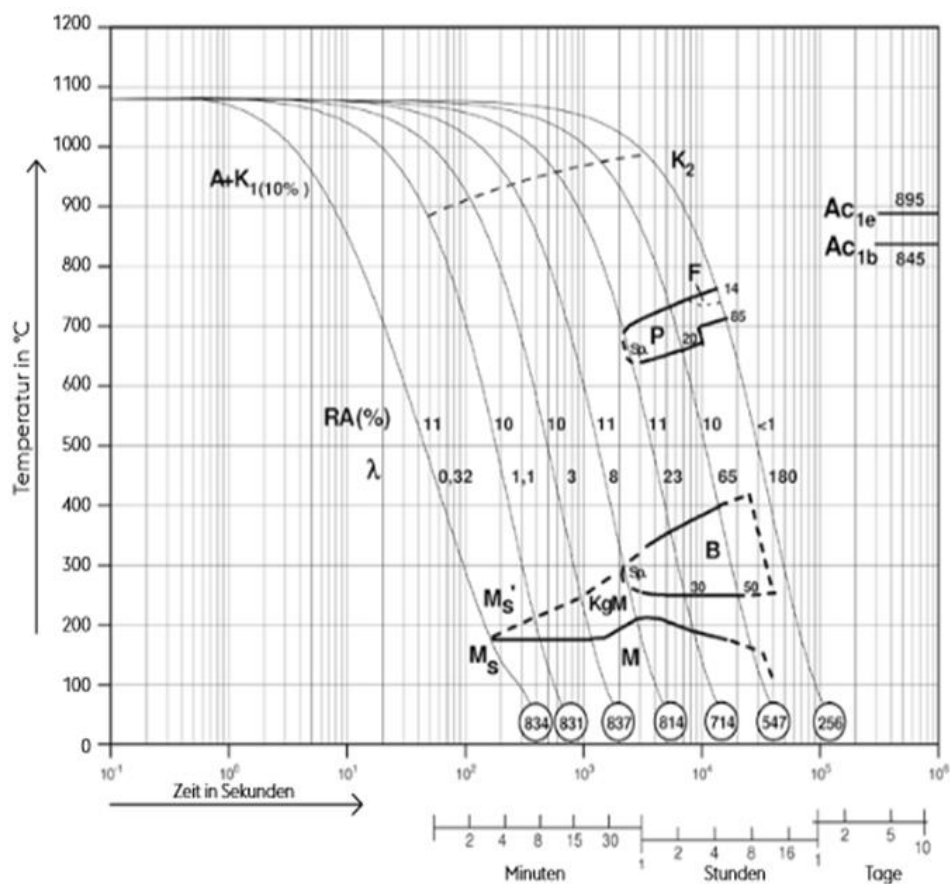
24. ábra Edzési diagramm [9]

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.

7.3.1 Folyamatos hűtés.

Probe	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

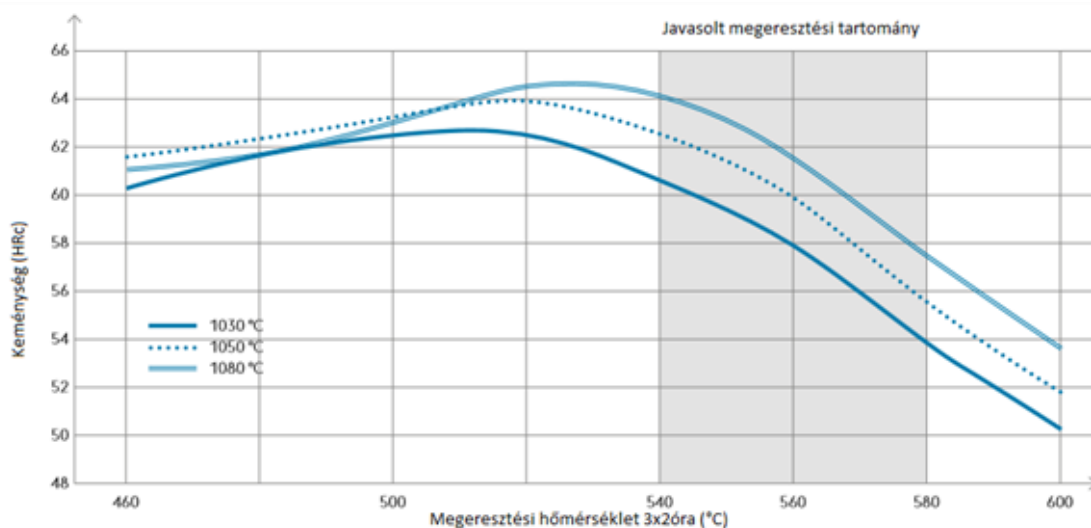
25. ábra Hűtési paraméterek [9]



26. ábra Folyamatos hűtési görbék[9]

A hűtési paraméterekkel 25. ábra feltüntetett hűtési görbék a 26. 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.

7.3.2 A magas hőmérsékletű megeresztés.



27. ábra Magashőmérsékletű megeresztés [9]

A porkohászati anyagok edzési hőmérséklete (1080°C) A magas hőmérsékletű megeresztést az 27. 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 huzalszakra forgácsolását, valamint a vágóélek és a hajlító felületek bevonatolását. Alacsony hőmérsékletű megeresztésű anyagokban huzalszakra forgácsoláskor mikro repedések keletkezhetnek a vágás felületén. Ezeket az anyagokat nem lehet nagy teherbírású bevonattal ellátni, mert a bevonatolási hőmérséklet 500°C-550°C-fok között van. A magas bevonatolási hőmérséklet az anyag keménység csökkenését okozza.

8 Keménységmérés

A szerszám vágóelemeinek keménysége az edzés után 60-62 HRC. 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 $HRC (HRA) = 100 - \frac{e(mm)}{0,002 mm}$; $HRB = 130 - \frac{e(mm)}{0,002 mm}$ [13]

A vizsgálat feltételei:

a gyémántkúp csúcsszöge 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 $F_1=1373,4$ N (~140kp), HRB $F_1=883$ N (90 kp) [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. A pirossal 0%-kal 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-ban OEE>45%												
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%	57%	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] T.Miklós,: Material and technological developments in sheet metal forming with special regards to the needs of the automotive industry, February 2015 [Archives of Materials Science and Engineering](#) 71(1):39-45
- [2] D. J.-V. Ferenc, Gépjárműgyártás, fenntartás, Kecskemét: Kecskeméti Főiskola Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar, 2011.
- [3] „www.meusburger.com,”
- [4] CADMÉRNÖK, „CAD MÉRNÖK creative technologies and drawing,” Available: https://cadmernok.hu/blog/tovabb_olvasom/mi-is-az-a-cad-tervezes-5. [Hozzáférés dátuma: 02 12 2021].
- [5] Z. Ferenc, „Bevezetés a SolidWorks-be,” BME Mechatronika, Optika és Műszertechnika tanszék, Budapest, 2004.
- [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] 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] 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] J.Dr.Fehér, Keménységmérés., Dunaújváros, Atomerőműi Képzési Bázis 7.2.1., 2021.
- [14] „WWW.adva[11][11]ltech.com,” [Online].

- [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 Régi és az új szerszám alsórésze (saját kép).....	11
3. ábra:	3. ábra Régi szerszám 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 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 présgép teljesítmény görbéje [11]	16
13. ábra:	13. ábra A présgép sajtolóerő diagramja [11].....	17
14. ábra:	14. ábra Böhler 1.2379 minőségű vágóelem alapanyagáról készített szövetszélkép 500x nagyítás (saját kép)	19
15. ábra:	15. ábra K110 gyártási folyamata és felhasználása [9].....	20
16. ábra:	16. ábra Böhler K490 minőségű vágóelem alapanyagáról készített szövetszélkép 500x nagyítás (saját kép)	21
17. ábra:	17. ábra A porkohászati porok generációi [9]	22
18. ábra:	18. ábra A 1-3generációs porok mérete [9]	23
19. ábra:	19. ábra A porkohászati porok gyártása és felhasználásainak folyamata [9] ..	23
20. ábra:	20. ábra Kapszula és por méretek HIP előtt és után [9].....	24
21. ábra:	21. ábra K110 hőkezelési diagramja [9].....	26
22. ábra:	22. ábra K110 folyamatos hűtési görbéi [9]	27
23. ábra:	23. ábra K110 magashőmérsékletű megeresztési diagramja [9]	28
24. ábra:	24. ábra Edzési diagramm [9].....	29
25. ábra:	25. ábra Hűtési paraméterek [9].....	30
26. ábra:	26. ábra Folyamatos hűtési görbék[9]	30
27. ábra:	27. ábra Magashőmérsékletű megeresztés [9].....	31
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 jelű acél kémiai összetétele [8].....	19
33. ábra:	6. táblázat K490 kémiai összetétele [9]	29
34. ábra:	7. táblázat 2024-ben elért gyártási eredmények.[14].....	36