SZAKDOLGOZAT

Bazán Tibor Gépészmérnök

Gödöllő 2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Gépészmérnök Szak

Süllyesztékes kovácsolószerszám tervezése és számítógépes modellezése tengelyvég csapágyazását lezáró gépelemhez

Intézet/Tanszék:	Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék
	levelező tagozat
	EP8F5W
Készítette:	Bazán Tibor
	Gépészmérnök
Külső konzulens:	Bánhegyi József
	egyetemi docens
Belső konzulens:	Kári-Horváth Attila

Gödöllő 2023



Szent István Campus, Gödöllő Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1. Tel.: +36-28/522-000 Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK Mérnök-informatika specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Bazán Tibor (EP8F5W)

részére

A diplomadolgozat címe:

Süllyesztékes kovácsolószerszám tervezése és számítógépes modellezése tengelyvég csapágyazást lezáró gépelemhez

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutatás, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatás, technológiai számítások, szerszám tervezése, VEM szimuláció, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: Bánhegyi József, termelési vezető, GO-METALL Kft.

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyo	m	Átvettem
Dice. Lisne		Him Vita
(tanszékvezető)	(szakfelelős)	(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. hó nap

(külső konzulens)

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS1						
2.	CÉC	GBEMUTATÁS	.2				
3.	SZA	AKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE	.3				
3 3 3	.1. .2. .3.	A CAD rendszerek bemutatása A végeselem módszer bemutatása Képlékeny alakítás	. 3 . 9 11				
4.	PRO	OBLÉMA BEMUTATÁSA	15				
4 4	.1. .2.	A HASZNÁLNI KÍVÁNT ACÉLOK A munkadarab felhasználási helye	15 16				
5.	TEC	CHNOLÓGIAI SZÁMÍTÁSOK ELVÉGZÉSE	17				
5 5 5	.1. .2. .3.	Az osztófelület meghatározása A kovácsolandó geometria meghatározása Sorjacsatorna kialakítása	18 19 26				
6.	SZE	RSZÁM TERVEZÉSE	28				
6 6 6	.1. .2. .3.	A gépészdarab modellezése A kovácsdarab elkészítése A kovácsoló szerszámok modellezése	28 35 38				
7.	VÉC	GESELEM SZIMULÁCIÓ	41				
7 7 7	.1. .2. .3.	Az előalakítás szimulációjának beállításai	42 46 50				
8.	GA	ZDASÁGI SZÁMÍTÁSOK	55				
9.	ÖS	SZEFOGLALÁS	57				
10.	9	SUMMARY	58				
11.	I	IRODALOMJEGYZÉK	59				
12.	I	MELLÉKLETEK	64				



1. BEVEZETÉS

A papír újrahasznosítása napjaink egyik legfontosabb problémája. A dolgozatban szereplő gép is ehhez a témakörhöz kapcsolódik. Az említett gépet elsősorban 13-30 g/m²-es selyempapír, valamint toalettpapír előállításához használják. Mély feldolgozás után készülhet még szalvéta, zsebkendő és egyéb a háztartásokban általánosan használt papír termék is. Az kész tekercsek 787-2880 mm szélességűek lehetnek, a megrendelő igényei szerint. A feldolgozható alapanyagok listája meglepően széles spektrumban változik, általában hulladékpapírt használnak fel, de lehet akár búzaszalma, farostpép, pamutpép a vevő az igényei szerint választhat ezek közül.

A szakdolgozatomban egy magyar tulajdonban lévő vállalat, a GO-METALL Kft. egy kis darabszámban, süllyesztékes kovácsolással készítendő alkatrészének kovácsolószerszám tervezését fogom, a választott specializációmnak megfelelően elvégezni. A GO-METALL-nál elsősorban a mérnöki gárda segítése volt a feladatom, közreműködtem a gépészeti darabok modellezésében, ezek végeselem vizsgálatát is több esetben végeztem, valamint árajánlatokat készítettem és kapcsolattartásban segítettem a kollégákat.

Célom a modell készítés és a gyártás során előforduló jelenségek komplex szimulációs vizsgálata. Különös tekintettel a kovácsoláskor fellépő erőkre és hőmérsékleti viszonyokra, valamint a szerszám kitöltésére szeretnék kitérni.

A későbbiekben részletesen szándékozom bemutatni a problémát. Áttekintem az idevonatkozó szakirodalmat és röviden ismertetem. Elvégzem a technológiai számításokat és ezek figyelembevételével elkészítem az említett szimulációkat, majd elemzem azokat. Végül gazdasági számításokat végzek.



2. CÉGBEMUTATÁS

A GO-METALL Kft.-t 1990-ben alapították (2.1. ábra) magyar tulajdonban lévő családi vállalkozásként, jelenleg is így működik. A cég fő tevékenységi körébe a gépalkatrészgyártás, öntvénymegmunkálás, acélszerkezet-gyártás, és a CNC forgácsolás tartozik. Napjainkban a teljes létszám 35 fő, amely magában foglalja a vezetőséget és a fizikai állományt is. Az ügyvezetőigazgató Trembulyák Marcell, a kapcsolattartó személyek: Bánhegyi József, Nagy Márta.

A megmunkálás két telephelyen történik. Kezdetben a Budapesten található Csepel Művek Ipari Parkban folyt a gyártás, a telehely területe 1990 m², a vállalat 2014-ben új gyártócsarnokot nyitott Tabon, amely területe 600 m², itt már a forgácsoláson kívül hegesztési munkák elvégzésére és acélszerkezetek szerelésekre is van lehetőség. A GO-



2.1. A GO-METALL Kft. csepeli telephelye [26]

METALL Kft. éves gyártási kapacitása mintegy 80000 megmunkálási óra. A cég exportrátája 80%, leginkább Németországba, Belgiumba, Hollandiába szállítanak, de az Egyesült Államokba is exportált már. Az éves árbevétel 2022-ben elérte az 1,7 millió Euro-t.

A vállalt munkák túlnyomórészt egyedi vagy kis és közepes darabszámú sorozatgyártott munkadarabokból állnak. A termékek jellemzően a szerszámgépiparban, az olaj- és gáziparban, az élelmiszeriparban és a kompresszorgyártásban kerülnek felhasználásra.

A GO-METALL Kft. az MSZ EN ISO 9001: 2015 szerinti, az ÉMI-TÜV SÜD Kft. által tanúsított minőségirányítási rendszert működteti. Az 1.számú mellékletben található a géppark.

A gyártás leginkább a műszaki rajzok alapján történő alkatrészek gyártásából áll, a megrendelői igények szerint. Vállalják az öntvények készítését az öntőminta készítésétől a megmunkált darabok kiszállításáig. A hegesztett acélszerkezetekhez a láng, és lézervágott alapanyag beszerzik, majd a készre munkált elemek szerelését is elvégzik.

Az öntvényekhez egyaránt felhasználnak lemezgrafitos és gömbgrafitos öntöttvasat is, valamint alumínium öntvényeket is. [26]



3. SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

3.1. A CAD rendszerek bemutatása

A számítógéppel segített tervezés (Computer Aided Design) napjainkban a tervezéssel foglalkozó mérnökök és más kreatív szakemberek munkáját könnyíti meg. A régi tervezési technikák, kézzel készített rajzok mára rendszerint csak a tervezői munka előtti ötletek gyors bemutatására, megbeszélésekre szorultak vissza. A modern CAD rendszerek képességeikkel a tervezési feladatok teljes spektrumát lefedik. Az egyszerűbbnek tekinthető vektorgrafikai rajzoló programoktól egészen a komplex, térbeli parametrikus asszociatív, integrált modellező rendszerekig. Ezek a rendszerek jelen vannak az elektronikai eszközök tervezésében, az építészeti tervezésekben, és természetesen a gépészeti tervezésben. Más-más ipari területek más-más igényeket támasztanak eléjük.

A rendszerek fejlesztése során számtalan új funkció került beépítésre. Képessé váltak egyszerűbb végeselem szimulációk elvégzésére, akár az alkatrészek topológiai optimalizálása is lehetségessé vált speciális célszoftverek alkalmazása nélkül.

Ivan Sutherland az 1960-as évek elején alkotta meg az első CAD szoftvert diplomamunkája részeként. Egy speciális tollal képes volt rajzolni a tervező számítógép monitorjára. Ezzel az ötlettel indult el a rendszerek mai napig töretlen fejlesztése. [13]

A mai tervező szoftverek logikai felépítése nagyon hasonló. A virtuális modell minden esetben egy jobbsodrású descartes-i koordináta-rendszerben kerül létrehozásra. A modell megjelenítése a képernyőn matematikai műveletekkel történik, ezek manipulálásával jönnek létre a felhasználó által elvárt görbék, felületek és testek. A határozott geometriai elemek megváltoztatását transzformációnak nevezzük, a modellezés egyik alapvető eljárása. Többféle

elemi transzformációt használunk a munka közben: eltolás, skálázás, elforgatás és a tükrözés, amely lehetséges koordinátasíkra, tengelyre és origóra. Ezeket nagyrészt mátrixszorzásként hajtja végre a szoftver, az eltolás



3.1. Előre definiált testprimitívek [13]



azonban csak nehezen végezhető így el, ezért erre bevezették a homogén transzformációs mátrixokat.

Mivel a kijelzők nem képesek megjeleníteni a létrehozott 3D-s modellt, egyértelmű fizikai korlátaik miatt, ezért programok először kétdimenziós síkba vetítik azt, majd léptékhelyesen a kiválasztott vetítési módnak (izometrikus, dimetrikus, perspektivikus) megfelelően kirajzolják a képernyőre. A modell elkészítése testprimitívek használatával végezhető el, általában a szoftverekben előre vannak definiálva, a 3.1 ábrán láthatóak. Ezek transzformációival az esetek többségében megoldható bonyolultabb test elkészítése is.[13]

Léteznek már mobil eszközökön használható verziók is. Az Apple Ipad-en lehetőségünk van használni az asztali Autocad egyszerűsített változatát. A legnépszerűbb a 3.2. ábrán látható Shapr3D applikáció, amellyel a tableten is képesek vagyunk összetett háromdimenziós modell létrehozására. A szoftverrel egyszerűen készíthetők műhelyrajzok is. A könnyű



3.2. Shapr3D kezelő felülete[30]

kezelhetőség garantálható az Apple Pencil használatával. A nagyobb összeállítások kezelése nehézkes, a mobil hardver korlátai összehasonlíthatatlan előnyhöz juttatják a modellezésre épített asztali számítógépeket, a technológia fejlődése valószínűleg át fogja hidalni ezeket a problémákat. A későbbiekben valódi alternatívát jelenthetnek kisebb vállalkozások számára.

A legújabb trendeknek megfelelően online modellező rendszerek is elérhetőek. A használhatóságuk fontos eleme, hogy nem szükséges telepíteni semmilyen programot a

tervezésre használni kívánt eszközre. Egyszerűen futtathatóak böngészőből, akár mobil eszköz böngészője is alkalmas, de ekkor korlátozott lehetőségek mellett



nyezete (Sujut modeli)



válik csak használhatóvá. A kész modellek, rajzok ellenőrzése, megtekintése akár egy tableten is lehetséges, de a kezelése egyelőre nehézkes. A mellékelt képeken egy általam tervezett alkatrész látható, amely a valóságban is elkészült, beépítésre került. Az OnShape modellező felülete a 3.3. ábrán látható, míg a rajz készítő felülete a 3.4. ábrán.

Korunk elvárásainak eleget téve szimulációk is futtathatók. Az Onshape előfizetéses formában igénybe vehető. Az alkalmazás használata az elterjedt CAD rendszerekhez hasonló, az összes



3.4. Onshape rajz környezete androidos böngészőben (saját modell)

hagyományos szoftveres funkció elérhető a felületén. Képes összeállításokat kezelni, könnyedén készíthetők műhelyrajzok, igénybe vehető vállalati környezetben, de egy egyszerű regisztrációt követően ingyen elérhetővé válik, otthoni használatra.

A modern tervező rendszerek számtalan előnnyel rendelkeznek a mára elavultnak tekinthető, hagyományos papíralapú módszerekhez képest. Ezek közül talán a legfontosabb az asszociativitás, a tervezés közben előforduló változtatások miatt nem szükséges a teljes addigi dokumentációt átnézni, változtatni, mivel ezek automatikusan frissülnek. De természetesen új verzióként is menthetők a változtatások, ha később vissza szeretnénk térni egy korábbi megoldáshoz. A prototípusok gyártási költsége is minimalizálható, mivel a virtuális környezetben elvégezhetőek a fontosabb vizsgálatok, szimulációk. Így az esetleges hibák nagyrészt már a prototípus gyártása előtt kiszűrhetők. A fejlesztésre fordítandó idő is jelentősen csökkenthető, a rajzok elkészítése töredéke a hagyományosan, kézzel készítetteknek. A kézi



rajzok komoly hátránya még az emberi hiba, a tervezett testek, alkatrészek fejben történő transzformálása, majd a rajzolás rendkívül nagy figyelmet és koncentrációt követelt.

A dolgozatom elkészítéséhez a SolidWorks rendszert fogom használni. Ez a program is a mai elvárásoknak megfelelően 3D tervezői környezetet alkalmaz a modell megjelenítésére. Test megalkotása hatékony komponens alapú tervezéssel történik. Alapvetően kétféle metódus szerint hozhatunk létre modellt, a szoftveren belül lehetséges szilárdtest és felület modell elkészítése. A szilárdtest modellezés a későbbiekben részletezésre kerül a munkadarabot ezzel a technikával fogom elkészíteni. Ezért a fejezet további részében a felület modellezés meghatározó lépéseit mutatom be.[13]

A SolidWorks rendkívül hatékony eljárást kínál a felület modellek megalkotására. A virtuális darab rajzolása minden esetben egy sketch (vázlat) rajzolásával kezdődik. Ekkor alapvető rajzi eszközök használatával kialakítjuk a rajzolni kívánt formát. A sketch leginkább használt formájában kétdimenziós, az újabb verziókban már rendelkezésre áll a 3d sketch is, ennek használata néhány speciális esettől eltekintve nem indokolt.

	Altípusok
Line (vonal)	Centerline Midpoint Line
Rectangle (téglalap)	 Corner Rectangle Center Rectangle 3 Point Corner Rectangle 3 Point Center Rectangle Parallelogram
Circle (kör)	CirclePerimeter Circle
3 point arc (ív)	Centerpoint Arc Tangent Arc 3 Point Arc
Polygon (sokszög)	A szerkesztéskor megjelenő párbeszédpanelen definiálhatóak a tulajdonságai.

3.1. táblázat A sketch elemi rajzeszközei

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Center point straight slot (horony)	 Straight Slot Centerpoint Straight Slot 3 Point Arc Slot Centerpoint Arc Slot
Spline (görbe)	 N Spline A Style Spline A Equation Driven Curve
Ellipse (ellipszis)	 Ellipse Partial Ellipse Parabola Conic
Point (pont)	A szerkesztéskor megjelenő párbeszédpanelen definiálhatóak a tulajdonságai.

A sketch-eket méretekkel és kényszerekkel ellátva határozottá kell tennünk a további műveletek végrehajtása előtt. A rendszer megengedi, hogy ún. under defined vázlattal is folytassuk a munkát, de ez később komoly problémákat okozhat, ezért lehetőség szerint kerülendő. A vázlatok minden esteben tartalmazzák a következő elemeket: origó, síkok, méretek, kényszerek. A sketch készülhet az alap három síkra (Front plane, Top plane, Right plane), vagy egyéni igények szerint meghatározott síkra, amelyet az előbb említett három síkkal és egyéb eszközökkel: tengelyekkel, síkokkal, pontokkal, koordinátarendszerekkel tehetünk egyértelművé.

A sketch elkészítése után a vázlat felületet bezárva a Surfaces fülön elvégezhetővé válnak a felület létrehozásához szükséges alapműveletek.

3.2. táblázat A felületmodellezés alapvető rajzeszközei

Extruded Surface (felület kihúzás)	Extruded Surface	Vázlatot, vagy vázlatkontúrokat húz ki egy vagy két irányban, felület létrehozásához. Megadható, hogy a kihúzás honnan induljon és beállítható az iránya és a mérete.
Revolved Surface (forgás felület)	Surface	Vázlatot, vagy vázlatkontúrokat forgat egy tengely körül, felület létrehozásához. Meghatározandó a forgástengely és a forgásfelület iránya, kiterjedése.



i.

Swept Surface (felület "söprés")	Swept Surface	Zárt profilt vezet végig egy nyitott, vagy zárt útvonalon. Vezérgörbék segítségével, profil tájolással, forgatási szögekkel alakíthatóak ki a felületek.
Lofted Surface (zárt felület)	Lofted Surface	Zárt felületet hoz létre két, vagy több profil vagy vázlat között. A létrehozott felület deformálhatjuk vezérgörbék segítségével.
Boundary Surface (határfelület)	Boundary Surface	Olyan felületet hoz létre, amely minden irányban lehet érintő, vagy vézérgörbével definiált. Használhatóak csatlakozópontok, vagy Instant 3D fogantyúk a határfelület kialakításához
Filled Surface (felület kitöltés)	Filled Surface	Egy felületet hoz létre élek, vázlatok, vagy görbék által körbezárt területen belül. Görbékkel vezetett felületek is létrehozhatók. A felbontás is beállítható a minőség javításának érdekében.
Freeform (szabad alakítás)	5 Freeform	A felületek deformálásárra ad lehetőséget, vezérgörbék, vagy pontok használatával, ezek helyzete formája szabadon módosítható.

A kívánt felületek létrehozása után a felszín a Knit Surface paranccsal egyesíthetőek. A parancs használatát érdemes a már nem valószínűleg nem változó felületeknél gyakran alkalmazni, ezzel elkerülhetők a bonyolult modellek egyesítésekor előforduló geometriai hibák. Ezek detektálása nehézkes amikor több komplex felületi elemet hoztunk létre. Az egyesített felületeknek megadhatjuk a vastagságát a Thicken paranccsal, így készítünk a felületi modellből szilárdtestet. A parancs lehetővé teszi, hogy a modellen beül többféle vastagságot is megadjunk, ekkor azonban a Knit Surface parancs alkalmazásakor már tudnunk kell, hogy mely felületek lesznek azonos vastagságúak és csak azokat vonjuk össze egy felületté.



A következő képen (3.5.ábra) egy általam készített felületmodell látható. Az elvégzett transzformációs és sketch műveletek a modelltér baloldalán jelennek meg, megfigyelhető, hogy egy ilyen bonyolult modell rendkívül sok lépésben hozható létre, ezek mind nem is férnek el a



3.5. Összetett felületmodell (saját)

3.2. A végeselem módszer bemutatása

A végeselem módszer matematikai alapjainak egyszerűbb részeit már az ókorban is használták. Diszkretizáció alkalmazásával próbálták a kör területét és kerületét meghatározni. A módszer alapja az egyszerűsítés. A test geometriáját végesszámú kisebb, egyszerűbb elemre bontjuk, így megoldhatóvá válik a probléma. Ekkor a kevesebb, de bonyolultabb számítás helyett több, de lényegesen egyszerűbb számítást kell elvégezni. [27]

A következő nagy lépésre a középkorig várni kellett, 1696-ban Bernoulli megfogalmazott egy problémát, amely megoldásának keresése elindította a variációszámítás kifejlődését. Ez volt a Brachisztochron-probléma, amely lényege, hogy két különböző magasságban elhelyezkedő pont által kijelölt síkban lévő görbéket kell meghatározni -ha léteznek- amelyet a pont minimális idő alatt képes befutni. Ez a probléma, ahol egy skalármennyiség minimalizáláshoz függvényt kell keresni, irányította a figyelmet a variációszámítás felé és indította el annak fejlődését. A természet- és társdalomtudományokban sok hasonló probléma előfordul.



Legegyszerűbb eset egy határozott integrál értéke, amely a kiválasztott függvénytől függ. Az ilyen mennyiségeket funkcionálnak nevezzük. A feladat legtöbbször a funkcionálok szélsőértékeinek meghatározása. Többféle megoldási lehetőség közül választhatunk. A Ritzmódszer alkalmazásakor például a variációszámítás direkt módszerét alkalmazzuk közelítő megoldás keresésére, a végeselem-módszertől eltérően itt még a teljes tartományt egy függvénnyel írjuk le. Az erőmódszer az 1940-es években megjelenő sugárhajtású gépekben használt bonyolult geometriák miatt jelent meg, a régi eljárások nem voltak alkalmasak új típusú szárnyprofilok vizsgálatára. Levy alkalmazta először az erőmódszert, amely a klasszikus rugalmasságtan alapjain az erők egyensúlyából kiindulva közelítette meg a problémát, ebből számított elmozdulásokat. Azonban az erőmódszer alkalmazásakor problémák adódtak a delta szárny esetében, ezért más megközelítésre volt szükség. A Boeing cég Turner által vezetett kutatócsoportja 1956-ban publikált egy új módszerrel megoldott problémát. Ennek lényege egy feltételezett elmozdulásokkal felírt merevségi mátrixon alapuló módszer gyakorlati alkalmazása volt, ami a modern végeselem-módszer lényegét már tartalmazta. A modern végeselem-módszer alapvetően változtatta meg a klasszikus gyártási gyakorlatot, a 3.2.1. ábrán láthatóak a klasszikus és a végeselem-módszer használatával működő gyártási modellek folyamatábrái. A költségek jelentős része a kísérleti darabok gyártása és azok próbaüzemben

történő tesztelésére ment el, a módszer alkalmazásával а prototípusok gyártása a csökkenthető. minimálisra Jól modellezhető probléma esetén el is hagyható. A szimulációk nem csak a szilárdsági vizsgálatok területén jelentenek megoldást, hanem technológia tervezésekor is. Ma már léteznek célszoftverek, amelyekkel fröccsöntés, vagy esetünkben a kovácsolási eljárások is jól modellezhetők. De hőtani,



3.2.1. A klasszikus gyártási modell (fent) és a modern gyártási modell (lent) [27]

áramlástani, elektromos, mágneses vizsgálat is elvégezhető. A szoftverek minden esetben egy megfelelően definiált háló generálása után képesek a számítások elvégzésére. A háló paraméterezésének fontos része az elemek méretének és típusának beállítása, az adott probléma szerint. Az elemek méretének csökkentése a közelítő megoldás pontosságát befolyásolja, ezek



méretét addig érdemes csökkenteni, amíg a kapott elkezdenek konvergálni. Ilyenkor további háló finomítás már nem indokolt, a szimuláció futtatásának idejét azonban drasztikusan képes növelni. Az elemek típusának megfelelő megválasztása is kritikus kérdés. A következő 3.2.2. ábrán látható, hogy a csomópontok változtatása hatalmas különbségéket okoz az eredményekben. A 4 csomópontú tetraéder nem képes a hengeres geometriát lekövetni, mert a lineáris közelítő függvények miatt az elemek oldalai síkok, a 10 csomópontú tetraéderrel, amelynek azonban jó közelítés érhető el, mert az oldalaik lehetnek görbültek. A korrekt modell elkészítésének alapfeltétele a peremfeltételek helyes beállítása. A hálózáskor nem követünk el



3.2.2. Számított redukált feszültség (MPa) különböző tetraéderek esetében, 5mm-es átlagos elemméret mellett

hibát, ha magasabb rendű modellt és finomabb hálót választunk. A számítási igényt feleslegesen megnöveljük, de az eredmények jók lesznek. A peremfeltételek beállítási hibája azonban az eredményekben attól függetlenül megjelenik, hogy milyen jó maga a hálózás. A peremfeltétel hibáját sok esetben a finomabb háló tovább növeli. A szimuláció megkezdése előtt fontos még a megfelelő kényszereket beállítani, mivel a kényszerek végtelenül merevek, így nem várt és a valóságban nem is jelentkező feszültségeket és alakváltozásokat okozhatnak a számításokban. [3][27]

3.3. Képlékeny alakítás

Képlékeny alakváltozásról akkor beszélünk, amikor az anyagra akkora terhelés hat, hogy az az anyag mikroszerkezetében nem visszafordítható változásokat okoz. A terhelés megszűnése után az anyag nem képes az eredeti alakját visszanyerni, maradandó alakváltozást szenved. Atomjai a terhelés hatására átrendeződnek. A gyakorlatban alkalmazott fémek és ötvözeteik kristályos szerkezetűek. A kristályszerkezetre jellemző térrács ideális esetben a tér minden irányában szabályosan ismétlődik, rácspontjain megtalálható az adott anyagot felépítő atom. A valódi



kristályokban az ideális felépítést hibák teszik tökéletlenné. Képlékeny alakváltozásnál a diszlokációk szerepe kiemelkedő. Ha az alakításkor kialakuló feszültség átlépi az anyag folyáshatárát, akkor megindul a diszlokációk elcsúszása és a képlékeny alakváltozás. Egy diszlokáció az atomi síkoknak kismértékű elmozdulását okozza, az alakváltozás mértékének növekedése egyre több diszlokációt okoz. A képlékeny alakításkor a végzett munka egy része hővé alakul, a nagyobb része az alakváltozásban vesz részt. Az alakítandó fémet a megfelelő hőmérsékletre hevítjük, akkor elindul a lágyulási folyamat, aminek hatására a szilárdság és keménység csökken, szívósság, alakíthatóság nő. Melegalakításkor ez jellemzően az újrakristályosodás folyamata. A folyamat végére a régi szemcsék eltűnnek, helyettük új, kis diszlokáció sűrűségű szemcsékből álló mikroszerkezet alakul ki. Az újrakristályosdás

hőmérséklete az anyagtól és az alakítottság mértékétől függ. Nem egy pontos hőmérsékleti értékhez, hanem egy tartományhoz köthető. Melegalakítás közben a keményedés és az újrakristályosodás egymással párhuzamosan történik. Ennek következtében az anyagot nagymértékben lehet alakítani, annak károsodása nélkül. Az anyagok folyásgörbéjét a 3.3.1. ábrán látható módon hőmérséklet növelése lefelé tolja, ezért egyre kisebb erőre van szükség azonos mértékű alakváltozáshoz [8][10][11][16]





3.3.1. Melegalakításra jellemző folyásgörbe. Az alakításhoz szükséges egyenértékű feszültség a képlékeny alakváltozás függvényében, és a hőmérséklet növelés hatása

A kovácsolás, mint technológia egy meleg képlékenyalakító művelet, amelynek céljai:

- alakadás: a végső felhasználási alak megközelítése, esetleg késztermék gyártása
- alapanyag javítás: kovácsolással az öntött durva szemcsés szerkezetű anyag finomszemcsés szerkezetűvé tehető, kialakul a szálasodás, így javul a termék mechanikai tulajdonsága
- *alapanyag megtakarítás:* előkovácsolt darabból sokkal kevesebb forgács eltávolításával nyerhető készgyártmány
- *termelékenység növelése:* a kovácsolt darabból sokkal gyorsabban készíthető el a kész darab, mint kovácsolás nélkül.

Alapvetően két féle kovácsolási technológiát különböztetünk meg. A szabadalakító kovácsolást, melyben az alakítandó anyagra az alakítást végző erő irányára merőlegesen nem



hat más erő. Valamint a süllyesztékes kovácsolást, ekkor az anyag szélesedése gátolva van, és rendelkezésére álló teret kitölti az alakadó süllyesztékben.[17]

А 3.3.2. ábrán látható а kovácsoláskor alkalmazható összes lépés, amely a kész darab elkészítéséhez vezet. Nem minden esetben szükséges az összes lépést használni, ezt a kovácsolandó darab anyaga, mérete, bonyolultsága, a rendelkezésre álló géppark, a hőmérsékleti viszonyok, a sorozatgyártás nagysága és egyéb tényezők figyelembevétele határozza meg. Az ábrán az anyagelosztás olyan előalakítást jelent, amelyben az előalakított keresztmetszet alakra nem, de nagyságra megegyezik a kész alak sorjával és leégési veszteséggel növelt keresztmetszetével. A hajlítást görbült daraboknál általában az anyagelosztást követően alkalmazzák. Az előkovácsolás feladata a kész alak legjobb megközelítése. A készrekovácsolás feladata a készüreg tökéletes kitöltésével a méretpontosság,



3.3.2. A kovácsolás műveleti lépései

az alak- és helyzetpontosság biztosítása. A kész üregben az alakváltozás nagyon kis mértékű.

A süllyesztékes kovácsolást végezhetik egy, vagy több üregben. A megfelelő módszer kiválasztása itt is az előzőekben részletezett feltételektől függ.

Elterjedt technológia még a kovácshengerlés, a hengerlés és a süllyesztékes kovácsolás kombinációja. Célja a kiinduló anyag nyújtása és bizonyos alakadás. Az alakítást két együtt dolgozó, egymással ellentétes irányba forgó henger végzi. Egy-egy alakítást jellemzően egyegy fordulat alatt történik. A két munkahengerre süllyesztékes szerszámokat, szegmenseket erősítenek, ezek általában a hengerek kerületének felét foglalják el.



3.3.3. Kovácshengerek szegmensekkel ellátva

A hengerek átmérőjét a kovácsolni kívánt darab hossza határozza meg. A kovácsdarabot akkor vezetik a hengerek közé, amikor a szegmensek eltávolodnak egymástól. A hengerek



forgásiránya olyan, hogy a darabot az alakítás közben a kovácsolást végző személy felé tolják vissza. Egy hengerpárra több szegmenspárt rögzítenek a 3.3.3. ábrán látható módon, így akár "többszúrásos" alakítást is el lehet végezni. [5][8][9][10][11][16]



4. PROBLÉMA BEMUTATÁSA

Egy papírgyártó cég megkeresésének eleget téve el kell készíteni a gyártó gépei egyikén elhasználódott alkatrész gyártásához szükséges terveket. Az alkatrész műhelyrajzát a vállalat a rendelkezésünkre bocsátotta. A gépek folyamatos üzemben dolgoznak, az alkatrészek igénybevétele rendkívül nagy.

4.1. A használni kívánt acélok

A munkadarab elkészítését a vevő igényeinek megfelelően 42CrMo4 acélra fogom modellezni. Ez az anyag egy hagyományosan ötvözött acél, nagy ellenállóképességgel és szívóssággal rendelkezik. Jól edzhető és jó ütésállósságú hőkezelés után alacsony hőmérsékleten. A hegeszthetősége jó, a korrózióállósága alacsony. Széles körben alkalmazzák statikusan és dinamikusan terhelt járműalkatrészekhez, főtengelyekhez, fogaskerekekhez, nagyobb keresztmetszetű alkatrészekhez. A nyugat-európai piacokon elsősorban a nemesített QT minőséget alkalmazzák. 926-1205 °C közötti hőmérséklet tartományban kovácsolható. Gyártási szabványa EN 10083

Szobahőmérsékleten az elektromos ellenállása: 0,25 $\Omega mm^2/m$

Hővezetőképessége: 46 W/mK

Az acél vegyi összetétele és tipikus mechanikai tulajdonságai a 4.1.1. ábrán láthatóak.

С	Si	Mn	Р	S	Cr	Мо	
0,38–0,45	≤ 0,4	0,6–0,9	≤ 0,025	≤ 0,035	0,9–1,2	0,15–0,3	

VEGYI ÖSSZETÉTEL (AZ N10083 SZABVÁNYA SZERINT) [%]

TIPIKUS MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK

	Sűrűség	Folyáshatár	Szakítószilárdság	Nyúlás
	(kg/dm³)	Rp0,2	Rm (N/mm ²)	A (%)
	_	(N/mm ²)		
Minimum	7,83	550	1000	11
Maximum	7,83	800	1200	11

4.1.1. A 42CrMo4 tulajdonságai (Loksacel.hu 2023)

Alacsony ötvözetű acél, lánggal és indukciós eljárással egyaránt edzhető, valamint nitridálható is. Maximális üzemi hőmérséklete 427 °C.

A szerszám alapanyagát a QForm-ban előre definiált melegalakító acélok közül választottam, az 55CrNiMoV7 egy igen elterjedt acél típus, amelyet leginkább nagy méretű és nagy tömegű



szerszámok készítéséhez használják. Ez egy olaj- és légedzésű melegsüllyeszték acél, amely a nikkelötvözésnek köszönhetően jó átedzhetőséggel rendelkezik. Az anyag lángedzhető,

Vegyi összetétel

с	Si	Mn	Cr	Мо	Ni	V
0,55	0,25	0,75	1,10	0,50	1,70	0,10

4.1.2. Az 55CrNiMoV7 acél vegyi összetétele (boehler.hu 2023)

kéménykrómozható és nagyon jól polírozható. A vegyi összetétele a 4.1.2. ábrán látható.

Az acélok részletes dokumentációit 2. és 3. számú melléklet tartalmazza.

4.2. A munkadarab felhasználási helye

A gyártani kívánt alkatrész egy papíripari gépben kerül felhasználásra. Az iparági sajátosságok miatt a gépek mérete rendkívül nagy méreteket érhet el. Esetünkben is egy rendkívül nagy méretű gyártógép egyik papírvezető-tengelyének végeire. A 4.2.1. ábrán nyíllal jelöltem a beépítés helyét. A megrendelőnek két ilyen típusú gépe is gyártásban van, egy gépben 3 db



4.2.1. A munkadarab gépben elfoglalt helyzete

tengely végein használják a tárcsát. A későbbi hibák megelőzésének érdekében mindenhol ki szeretnék cserélni a javított változatra és tartalékkészletet is szeretnének raktározni. Ez összesen 14 db gyártását jelenti.



5. TECHNOLÓGIAI SZÁMÍTÁSOK ELVÉGZÉSE

A számítások elvégzéséhez és a később készítendő modellek szerszám elkészítéséhez első lépésként létrehoztam а gyártandó munkadarab modelljét SolidWorks-ben, az 5.0.1. ábrán látható. Erre azért van szükség, mert a térfogata és a súlya egy megfelelően definiált



5.0.1. A tengelyvég tárcsa 3 dimenziós modelljének metszete

modell esetén egyszerűen lekérdezhető a programból, az adatokat az 5.0.2. ábra tartalmazza. A kovácsdarab számításaihoz ezeket az értékeket fogom használni. A kovácsdarab mindig a kész darab rajza alapján kerül megtervezésre.

```
Mass properties of Tengelyvég_tárcsa
      Configuration: Default
      Coordinate system: -- default --
Density = 0.01 grams per cubic millimeter
Mass = 52601.35 grams
Volume = 6743762.49 cubic millimeters
Surface area = 504668.57 square millimeters
Center of mass: ( millimeters )
         X = 0.00
Y = 27.59
          Z = 0.11
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass.
           Px = 1165404557.33
Py = 1166675520.73
Pz = 2307795100.93
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor nota
         Lxx = 1166675520.73 Lxy = -1.05 Lxz = -1.44
Lyx = -1.05 Lyy = 2307795090.38 Lyz = 109789
                                                           Lyz = 109786.05
                             Lzy = 109786.05 Lzz = 1165404567.88
         L_{ZX} = -1.44
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)

Ixx = 1206723456.31 Ixy = -0.41 Ixz = -1.44

Iyx = -0.41 Iyy = 2307795783.87 Iyz = 276436.38

Izx = -1.44 Izy = 276436.38 Izz = 1205451809.97
```

5.0.2. Tengelyvég tárcsa adatai SolidWorks export

A gyártandó darab anyagminősége: 42CrMo4 A kovácsdarab anyagminősége szerint az **M1** csoportba tartozik, mivel szén tartalma nem lépi át a 0,65%-ot.

Térfogata: V=6743642,57 mm³ = 6,74364257 dm³



Tömege: m=52601,35 g= 52,60135 kg

A kovácsolással készítendő munkadaraboknál elsőként a kovácsolással nem kialakítható geometriákat kell meghatározni.

A süllyesztékes kovácsolással készített darabok tervezésénél az alábbi lépéseket érdemes elvégezni a felírt sorrendben:

- 1. Osztófelület megválasztása
- 2. Bonyolultsági csoportszám meghatározása
- 3. Gépészeti darab tömegének meghatározása
- 4. Forgácsolási és technológiai hozzáadások meghatározása
- 5. Fal és bordaméretek meghatározása
- 6. Fenékvastagság meghatározása
- 7. Oldalferdeségek meghatározása
- 8. Lekerekítési sugarak meghatározása
- 9. Kovácsdarab tömegének meghatározása
- 10. kovácsolási tűrések meghatározása

5.1. Az osztófelület meghatározása

Az osztófelület a munkadarabot két részre osztja. Általánosságban három féle lehet: sík, szimmetrikusan tört, aszimmetrikusan tört

Alapvető követelmény, hogy a kész darab eltávolítható legyen a süllyesztékszerszámból. A kialakított üreg formája az osztófelület felől nézve csak szűkülhet, alámetszés nem elfogadott. Fontos elvárás, hogy a felület sík legyen, szerszám gyárthatósága így jóval egyszerűbb, gazdaságilag is előnyös. Az optimális osztófelület a gyártandó alkatrészeket egyforma részekre osztja, lehetővé teszi a kovács és a sorjázószerszám elkészítését. Ezek figyelembevételével a munkadarabom osztófelülete a következő 5.1.2. ábrán piros pontvonallal jelölve látható. A furatok nem alakíthatóak ki a kovácsolás közben.

A későbbi forgácsolási műveletek alatt eltávolítandó anyagmennyiséget a darabra kell kovácsolni, ez a kovácsolási ráhagyás.



5.2. A kovácsolandó geometria meghatározása

A bonyolultsági besorolás az S tényező meghatározásával történik.

$$S = \frac{m_{kd}}{m_b}$$

ahol:

m_{kd} a kovácsdarab tömege

 m_b a kovácsdarab legnagyobb méretei által burkolótest tömege

Esetemben a kovácsdarab bonyolultságának számítása a geometria sajátosságai miatt az S4 csoportba tartozik, mivel a vékony tárcsák és karimák esetén alkalmazandó összefüggés eredménye 0,2 érték alá esik. (Dr. Szabó 2023)

$$\frac{H_2}{D} \le 0.2$$

Ahol:

H₂ a kisebb magasság

D a tárcsa átmérője

$$\frac{H_2}{D} \le 0.2 \qquad \frac{H_2}{D} = \frac{58}{510} = 0.1137254902$$

A kovácsolásnál alkalmazandó pontossági fokozatot a szerződő felek rögzítik a rendelésben, ennek hiányában az irányadó pontosság a II. fokozat.

A kovácsolt darab tervezésénél azokat a felületeket, forgácsoló megmunkálást amelyek igényelnek hozzáadással megmunkálási látjuk el. А tengelyszimmetrikus alaktrészek gyártásakor а hozzáadás mértékét a legnagyobb átmérő és legnagyobb vastagság függvényében határozzuk meg. A szabvány szerint ez jelen esetben 4,5 mm, az 5.2.1. ábrán jelöltem. A táblázatban megadott hozzáadások megmunkálási felületenként értendők. Abban az esetben, ha a munkadarabon található kiugró rész,

Le; mé (szé va	gn. eret ēl. v. st.	Hosszűkás kovácsdarabok - legnagyobb hosszűság								
Le vasta	gn. Igság			Tengel	yszimm - <i>legna</i>	etrikus l agyobb d	kovácsd <i>átmérő</i>	arabok		
-tól	-ig	40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 630	630 1000	1000 1600
0	40	1.5 (1)	1.5 (1)	2 (1.5)	2 (1.5)	2.5 (1.5)	3 (2)	4 (3)	5 (3)	6 (3.5)
40	63	1.5 (1)	2 (1.5)	2 (1.5)	2.5 (1.5)	3 (2)	3.5 (2.5)	4.5 (3)	5.5 (3.5)	6.5 (4)
63	100	2 (1.5)	2 (1.5)	2.5 (1.5)	3 (2)	3 (2)	3.5 (2.5)	4.5 (3)	5.5 (3.5)	6.5 (4)
100	160	-	2.5 (1.5)	3 (2)	3 (2)	3.5 (2.5)	4 (3)	5 (3.5)	6 (4)	7 (4.5)
160	250	-	-	3 (2)	3.5 (2.5)	4 (3)	5 (3.5)	6 (4)	7 (4.5)	8 (5)
250	400	-	-	-	4 (3)	5 (3.5)	6 (4)	7 (4.5)	8 (5)	9 (6)

5.2.1. Forgácsolási hozzáadások DIN 7523 szerint

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

akkor azok homlokfelületén, a bonyolultabbá váló kitöltés miatt a hozzáadás mértékét a kétszeresére kell módosítani. Esetünkben erre nincs szükség.

A tervezésnél fontos kritérium, hogy a kovácsdarab geometriája nem tartalmazhat éles sarkokat, ezért a megengedhető legnagyobb lekerekítéseket kell alkalmazni. A művelet után a darab kivételét az oldalak ferdesége teszi lehetővé. ennek meghatározását szintén az MSZ 5745 szabvány tartalmazza. (Dr. Szabó 2023)

Az oldalak ferdesége a belső és a külső felületeken eltérő mértékű. A külső oldalferdeség az, amely a darab hűlésekor távolodik a szerszám falától. A belső oldalferdeség az, amely a lehűléskor közeledik a szerszám falához. Ezeken felül még kétféle oldalferdeséget különböztetünk meg, a természetes ferdeséget, amely a munkadarab alakjából adódik, és az átmeneti ferdeséget, amely az aszimmetrikus osztás miatt alakul ki. A tárgyalt munkadarabon az utóbbi két típus nem jelentkezik, így ezeket a továbbiakban nem kell figyelembe venni.

Az oldalferdeségek ajánlott értékeit a mellékelt 5.2.2. ábra szerint fogom megválasztani. A későbbi eltávolítást megkönnyítendő a kilökő nélküli értékeket veszem alapul. A **0** szigorítási fokhoz tartoznak a gyakorlatban elterjedten javasolt ferdeségek. Az **1**-es fok a szigorított méreteket tartalmazza, a magas ráfordítások

Szigovítási	Belső olda	alferdeség	Külső oldalferdeség					
fok	Kilökő nélkül Kilökővel		ő l Kilökővel Kilökő nélkül					
0	6°	3°	4°30'	2°				
	1:10	1:20	1:12.5	1:30				
2	9°	6°	6°	3°				
	1:6	1:10	1:10	1:20				
1	3°	1°30'	2°	0°30'				
	1:20	1:40	1:30	1:115				

^{5.2.2.} Oldalferdeségek értékei DIN 7523 szerint

miatt ez kerülendő. A **2**-es fok a gyakorlati értékek felsőhatárát szabja meg. A könnyű és kisméretű darabokon alkalmazandóak a nagyobb méretű oldalferdeségek.

A tengelyvég-tárcsa gyártásánál a belső oldalferdesége 6°-ra még a külső oldalferdesége 4°30're adódik a táblázat alapján, ezeket pirossal jelöltem az 5.2.2. ábrában.



A kovácsolásnál fontos szempont az élek lekerekítésének megválasztása is. А megválasztott, helytelenül kis sugarú lekerekítésnél a kitöltéskor jelentkező hatalmas feszültségek miatt repedések jöhetnek létre szerszámban. Az irányadó lekerekítésisugarakat a mellékelt táblázat tartalmazza, amely az 5.2.3. ábrán latható. A megfelelő értékek meghatározásánál figyelembe kell venni a munkadarab legnagyobb átmérőjét és a legnagyobb magasságát az adott süllyesztékfélben.

Leg- nagyobb magasság az adott süllyeszték- félben		A kovácsdarab legnagyobb átmérője, illetve legnagyobb szélessége									
-tól	-ig	25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 630	630 1000	
0	16	3 (2)	3 (2)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	5 (4)	5 (4)	-	-	
16	40	4 (3)	4 (3)	5 (4)	5 (4)	5 (4)	6 (5)	6 (5)	8 (6)	10 (8)	
40	63	-	6 (4)	6 (5)	6 (5)	6 (5)	8 (6)	8 (6)	10 (8)	12 (10)	
63	100	-	-	8 (6)	8 (6)	8 (6)	10 (8)	10 (8)	12 (10)	16 (12)	
100	160	-	-	-	10 (8)	10 (8)	12 (10)	12 (10)	16 (12)	20 (16)	
160	250	-	-	-	-	12 (10)	12 (10)	16 (12)	20 (16)	25 (20)	

^{5.2.3.} Élek lekerekítése DIN 7523 szerint

A tárcsánál használandó lekerekítés mérete: rél = 8

A munkadarab tartalmaz kovácsolással nem elkészíthető felületeket is, ezért ezeket technológiai hozzáadással fogom ellátni. A mellékelt 5.2.4. ábrán piros vonalakkal jelöltem a geometriákat, amelyeknél alkalmazom. A furatoknál nem jelöltem, mivel a geometriai sajátosságaik miatt egyértelműen a kovácsolás után készítendőek. A tárcsa alsó homlokfelületén lévő beszúrás és a felső homlokfelületén található 6 db nagy átmérőjű, de nem mély kimunkálandó felület forgácsolással fog készülni. A felső homlok felületén található perem sem kovácsolható, így itt technológiai hozzáadást alkalmazunk.



5.2.4. Technológiai hozzáadások helyzete (piros folytonos vonallal jelölve)

A következő lépés a fenékvastagság meghatározása. A fenék vastagsága lehet egyenletes, lépcsőzetes, vagy folyamatosan változó. A meghatározott minimális érték alá nem csökkenthető, mert akkor nő az alakítási ellenállás, ennek következtében a szerszám terhelése, ami miatt a szerszám vártnál hamarabb használódik el. A kialakított üregek nem lyukaszthatják át a darabot. A következő összefüggés alapján számítom a fenékvastagságot az MI-05 29.584-82 szerint.



ahol:

d a feneket tartalmazó üreg legnagyobb átmérője [mm]

h az üreg mélysége [mm]

 $S = 0,45 * (275 - 0,25 * 29 - 0,5)^{0,5} + 0,6 * 29^{0,5} = 10,5254$

Ez esetemben hozzávetőleg 10,5 mm-re adódik. A fenékvastagság a darab méretei miatt nem lehet egyenletes, ezért a fenékrész szögét a technológia tapasztalatai szerint adom meg. Az ajánlott értékek 1-8° között változtathatóak, a darab modellezésénél 3°-os szöget fogok használni. A szerszám gyártását megkönnyítendő csak az egyik oldalon szokás alkalmazni.

Az eddig meghatározott adatokkal elkésztettem a kovácsdarab 3D modelljét a megszabott technológiai hozzáadásokkal és forgácsolási ráhagyásokkal. Az utolsó lépésben a kovácsolási tűréseket határozzuk meg. Amelyek a kovácsrajz elkészítésekor kerülnek felhasználásra. A kovácsolási minőségi osztály kiválasztása után a DIN 7526 szabványban rögzítettek szerint kerülnek meghatározásra. A kovácsolási minőséget kétféle csoportban határozták meg. Létezik F és E minőségű. Az F minőségi osztály a legtöbb területen megfelelő gyártmányt eredményez, a széleskörben alkalmazott berendezésekkel és a megszokott gyártási technológiákkal ezt a minőséget garantálni lehet. Az E minőségi osztály jóval szűkebb tűrésekkel dolgozik, ez olyan mértékű anyagi ráfordítással oldható meg, hogy az alkalmazása csak speciális esetekben indokolt. A tengelyvég-tárcsa gyártásakor az F minőségi osztály a megrendelőnek elegendő. Ezért ezzel határozom meg a munkadarab tűréseit. A táblázatok használatához szükség van a



kovácsdarab tömegére, amit a SolidWork segítségével határoztam meg. Az adatokat az 5.2.5. ábra tartalmazza.

A kovácsdarab méretei a SolidWorks segítségével megállapítva:

```
Mass properties of Tengelyvég tárcsa kovácsdarab
                   Configuration: Default
                   Coordinate system: -- default --
Density = 0.01 grams per cubic millimeter
Mass = 85512.86 grams
Volume = 10963187.18 cubic millimeters
Surface area = 550749.36 square millimeters
Center of mass: ( millimeters )
                            X = 0.00
                             Y = 1.28
                            Z = 0.00
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass.
                                \begin{array}{l} Ix = ( \ 0.00, \ 0.00, \ 1.00) \\ Iy = ( \ 1.00, \ 0.00, \ 0.00) \\ Iz = ( \ 0.00, \ 1.00, \ 0.00) \end{array} 
                                                                                                                                                 Px = 1784095690.36
                                                                                                                                       Px = 1784095690.36

Py = 1784095690.36

Pz = 3512244773.42
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor n
                            Lxx = 1784095690.36Lxy = 0.00Lxz = 0.00Lyx = 0.00Lyy = 3512244773.42Lyz = 0.00Lzx = 0.00Lzy = 0.00Lzz = 1784095690.3
                                                                                                                                                Lzz = 1784095690.36
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
Ixx = 1784236057.59 Ixy = 0.00 Ixz = 0.00
                                                                                                                                                                   IXZ = 0.00

        Image: Instant state
        Image: Instant state
        Image: I
                                                                                                                                       1773.42 Iyz = 0.00
Izz = 1784236057.59
```

5.2.5. A kovácsdarab tömege és térfogata SolidWorks export

Térfogata: $V_{kovács} = 10963187,18 \ mm^3 = 10,96318718 \ dm^3$

Tömege: $m_{kovács} = 85512,86 \ g = 85,51286 \ kg$

Legnagyobb vastagság: h = 67 mm

Legnagyobb átmérő: $\emptyset = 524,36 mm$



A tűrések meghatározásánál alapszabály, hogy a mindenkori legnagyobb hossz-, szélesség-, magasságméretet kell választani. A tűrések meghatározásánál a tömeg oszlopból kell indulni,



5.2.6. Üregalakhoz kötött méretek tűrésnagysága és határeltérései MSZ 5745 szerint

jobbra haladva a minőségi csoport található, ha a munkadarab az M1 csoportba tartozik, akkor vízszintesen jobbra haladva a következő kiválasztandó érték a tagoltsági (bonyolultsági) csoport. Ha ez S1, akkor vízszintesen haladunk tovább, a tárcsa esetében S4, ezért az S4-es oszlopig ferdén követjük a vonalat. A következő oszlop a pontossági fokozat, amely esetünkben nem került megkötésre, ezért a szabvány szerint a II. fokozatot fogjuk használni. Az 5.2.6. ábrán kijelöltem a megfelelő tűrés értékeket.

A kovácsarab alapvetően kétféle mérettel rendelkezik, az egyik típus a üregalakhoz kötött, a másik az üregalakhoz nem kötött méret. A süllyesztéküreg méretei által kötött méreteket a süllyesztékrészek egymáshoz képest elmozdulásra képtelen részei határozzák meg. Az üregalakhoz nem kötött méreteket az egymáshoz képest elmozdulni képes süllyesztékrészek határozzák meg.

Az üregalakhoz kötött méretek tűrése a SolidWorks-ből nyert adatokkal a tűrés a következő:

$$T_{\ddot{u}k} = 7mm_{-2,3}^{+4,7}$$



A következő az üregalakhoz nem kötött tűrések meghatározása. A használandó táblázat az előbbiekben ismertetett módszerrel olvasandó. Az 5.2.3. ábrán szintén jelölöm a meghatározás útvonalát.



5.2.3. Üregalakhoz nem kötött méretek tűrésnagysága és határaltérései MSZ 5745 szerint

Az üregalakokhoz nem kötött méretek tűrései a SolidWorks-ből nyert adatokkal:

$$T_{\ddot{u}nk} = 5,6mm_{-1,9}^{+3,7}$$

Az utolsó lépésben a lekerekítések határeltéréseit határozzuk meg. Ehhez szintén egy táblázat

adatait vesszük alapul. Esetemben a használt lekerekítések egyetlen kivétellel R=8mm-re adódtak, az egyik lekerekítési sugár nem lehet R=8mm, mert a geometria nem engedi meg, így ott R=6mm-ert alkalmaztam, ami a szabvány alsó határértéke. Mind a két érték R=10mm alatt van, így nem okoz problémát.

Élek és hornyolatok lekerekítéseinek tűrései								
	Leker	ekítés r	Tűrés					
	-tól	-ig						
	0	10	+0.5*r	-0.25*r				
	10	32	+0.4*r	-0.2*r				
	32	100	+0.32*r	-0.15*r				
	100		+0.25*r	-0.1*r				

5.2.4. Lekerekítések határméretei

Az 5.2.4. ábrán látható értékek alapján a lekerekítések tűrései:

$$T_r = ^{+0,5*r}_{-0,25*r}$$



A geometria és a méretek meghatározása után elkészítettem a kovácsdarab 3D modelljét. A következő 5.2.5.-es ábrán látható. A mellékelt ábrán jól megfigyelhető az összes meghatározott alaksajátosság. A kovácsdarab rajzát a 6. számú melléklet tartalmazza.



5.2.5. A kovácsdarab 3D-s modelljének metszetei

5.3. Sorjacsatorna kialakítása

A sorjacsatorna feladata, hogy a szerszám kitöltését elősegítő anyag többlet el tudja hagyni a süllyesztéküreget. Részei a sorjahíd és a sorjazseb. A sorjahíd célja, hogy a szerszámból távozó anyag kifutását megnehezítve segít a megfelelő szerszámkitöltést elérni, ez a sorjareakció. A sorjazseb az anyag többlet elnyeléséért felel. A következő 5.3.1. ábrán a sorjacsatorna



alaptípusa látható a részeivel.

A szerszám elkészítésénél zárt sorjacsatornát fogok alkalmazni. Az előgyártmány darabolásánál különösen nagy figyelmet kell fordítani munkadarab méretéből adódó pontatlanságok miatt. A sorjacsatorna tervezésénél h_s értéke az irányadó méret, ezt a következő összefüggésbe helyettesítve kaptam meg.

$$h_s = 1,13 + 0,89 * \sqrt{m_{kd}} - 0,017 * m_{kd}$$



ahol:

 h_s a sorjahíd magassága [mm]

 m_{kd} a kovácsdarab tömege [kg]

behelyettesítve:

 $h_s = 1,13 + 0,89 * \sqrt{85,51286} - 0,017 * 85,51286 = 7,906393 mm$

Ezt követően az adat használatával, táblázat segítségével a sorjacsatorna többi mérete a táblázatból kiolvasható. Fontos szempont, hogy a kiszámolt érték a legmagasabb, amivel még a szerszám kitöltése megfelelő minőségű. Ezért, ha nem olyan érték lesz a végeredmény, amelyet a táblázat tartalmaz, akkor minden esetben lefelé kell kerekíteni. Tehát az 5.3.2. ábrán pirossal kijelölt sort fogom választani. (Dr. Szabó 2023)

	h	1.		I. Duzzasztás		II. Szélesítés			III. Fröccsentés			
sor- szám	mm	m_1 mm	mm	$b_{\rm s} \over { m mm}$	$b_1 \\ mm$	A _{csat} mm ²	$b_{\rm s} \over { m mm}$	$b_1 \\ mm$	$A_{ m csat} \ { m mm}^2$	$b_{\rm s} \over { m mm}$	$b_1 \atop { m mm}$	A _{csat} mm ²
1.	0,6	3,0	1,0	6,0	18,0	0,52	6,0	20,0	0,61	8,0	22,0	0,74
2.	0,8	3,0	1,0	6,0	20,0	0,69	7,0	22,0	0,77	9,0	25,0	0,88
3.	1,0	3,0	1,0	7,0	22,0	0,80	8,0	25,0	0,91	10,0	28,0	1,04
4.	1,6	3,5	1,0	8,0	22,0	1,02	9,0	25,0	1,13	11,0	30,0	1,55
5.	2,0	4,0	1,5	9,0	25,0	1,36	10,0	28,0	1,53	12,0	32,0	1,77
6.	3,0	5,0	1,5	10,0	28,0	2,01	12,0	32,0	2,33	14,0	38,0	2,78
7.	4,0	6,0	2,0	11,0	30,0	2,63	14,0	38,0	3,44	15,0	42,0	3,85
8.	5,0	7,0	2,0	12,0	32,0	3,43	15,0	40,0	4,34	18,0	46,0	5,06
9.	6,0	8,0	2,5	13,0	35,0	4,35	16,0	42,0	5,30	20,0	50,0	6,42
10.	8,0	10,0	3,0	14,0	38,0	6,01	18,0	46,0	7,69	22,0	55,0	9,03
11.	10,0	12,0	3,0	15,0	40,0	7,68	20,0	50,0	9,88	25,0	69,0	12,08

5.3.2. Kalapácssüllyesztékek sorjacsatornájának méretei

A választott sorjacsatorna méreteit az 5.3.3 ábrán adtam meg:



5.3.3. A választott sorjacsatorna méretei



6. SZERSZÁM TERVEZÉSE

A tervezésnél elsőként a gyártani kívánt munkadarab modelljét kell elkészíteni. Egy megfelelően definiált modell elengedhetetlen. A későbbiekben erre felépítve készítjük el a kovácsdarabot, majd azt ellátjuk a maghatározott méretű sorjacsatornával. Az utolsó lépésben a teljes kovácsdarab segítségével elkészíthető a két szerszámfél. A SolidWorks-ben található Molds nevű beépített modullal ez néhány egyszerűnek mondható lépéssel megoldható. A fejezet következő pontjaiban lépésenként fogom bemutatni a teljes folyamatot. A modellezéshez használt eredeti rajzot az 5. számú melléklet tartalmazza.

6.1. A gépészdarab modellezése

A SolidWorks indításakor megjelenő menüben alapvetően három lehetőség közül választhatunk. A
6.1.1. ábrán láthatóak.

- **Part:** A 3D modellek elkészítését teszi lehetővé. Itt készíthetők a szilárdtest és felületmodellek.
- Assembly: Az általunk készített, vagy más forrásból beszerzett modellek virtuális összeszerelését végezzük itt. Megfelelő



6.1.1. SolidWorks indításkor megjelenő párbeszédablaka

kényszerek használatával. Lehetőség nyílik akár mozgások animálására, ütközés vizsgálatra is.

• Drawing: A modellekről, vagy a szerelésekről készíthetőek az aktuális rajzi szabványoknak megfelelő műhelyrajz.

A párbeszédpanelen kiválasztható a SOLIDWORKS Tutorials is, ez segítséget nyújt a program megismerésében.

Esetünkben a Part gombra kell kattintani a modelltér megnyitásához. Ekkor alapesetben egy teljesen üres felület válik láthatóvá. A könnyű tájékozódás érdekében a három sík láthatóságát bekapcsoljuk. Ezt a legkönnyebben a felső ikonsorban található szem ikonra kattintva érhetjük el. A megnyíló menüben a 6.1.2. ábrán piros ellipszissel jelölt



6.1.2. A síkok bekapcsolása



lehetőséget választjuk ki. A szerkesztés megkezdése előtt érdemes végig gondolni annak menetét. Elsőként a számunkra megfelelő síkot választjuk ki.

A gépészdarab vázlatát a Front Plane-re készítettem el. A kiválasztás után a menüszalagon a Sketch fülre kattintva aktívvá válik a vázlat menü. A 6.1.3. ábrán jelöltem a kiválasztandó gombot. Erre kattintva elkezdhetjük a vázlat rajzolását.

Sketch	Smart Dimension	/ • 0) • N • • • •	
*	•	••••) 🕤 -	
Features	Sketch	Surfaces	Markup	Evalu

6.1.3. A sketch gomb

A munkadarabunk egy forgástest, ezért ezt kihasználva csak a metszetének egyik oldalát kell elkészíteni. A vázlat közben megadott szimmetria tengely körül fogja a megrajzolt profilt végig

vezetni. A rajzolás a profil egyszerűsége miatt csak egymásra merőleges egyenes vonalakból fog állni. Elsőként érdemes egy topológiailag helyes és közelítőleg arányos geometriát létrehozni. A későbbi méretezés megkönnyítésének érdekében. A következő 6.1.4. ábrán az elkészített profil látható a megfelelő méreteket is



6.1.4. A gépészdarab geometriája méretezve

elhelyeztem rajta. Megfigyelhető, hogy már a vázlat készítésekor megadható a méretek tűrése is. A műhelyrajz elkészítésekor már nem kell ezeket megadnunk, a program meg fogja jeleníteni ezeket is, persze bármikor változtathatók, akár a rajz készítésekor is.

Az egyszerű vázlat miatt nincs szükségünk a kényszerek további, kézzel történő módosítására. A program ilyen esetekben kielégítő eredménnyel képes elhelyezni ezeket automatikusan. A sketch ablak bezárására két lehetőségünk van. A jobb felső sarokban található gombok közül a nyilat választva visszatérünk a modelltérbe, ha a piros ikszet választjuk, akkor változtatásokat és elveszítve térünk vissza a modelltérbe. Ez abban az esetben lehet szükséges, ha a vázlat esetleges módosításait mégsem szeretnénk használni.



A vázlat bezárása után a Revolve parancs használatával a készített tengely körül körbeforgatjuk a vázlatot. A 6.1.5. ábra bal oldalán a Revolve beállítási lehetőségei. A tárcsa elkészítésekor a tengely kiválasztásával elkészül a test modellje, ezt sárgával rajzolja amíg el nem fogadjuk a



6.1.5. A Revolve parancs beállításai

A vázlatot 360°-os szögben forgatjuk, lehetőségünk van tetszőleges érték megadására is, ez az opció csak a Blind és a Midplane alkalmazásakor áll rendelkezésre. A program elkészítheti a testet felületig, felülettől megadott távolságig is, de a Direction 2 kiválasztásakor a két irányba egyszerre rajzolja meg a definiált szögértékig.

A következő lépésben felső homlokfelületen lévő furatokat készítettem el. A felületen el kell helyezni egy újabb vázlatot. A vázlatban elsőként a furatok osztókörét célszerű megrajzolni,



6.1.6. Circular Pattern elkészítése

majd kész kört a For construction-t választva konstrukciós geometriává alakítjuk: Ekkor a szoftver pontvonallal jelzi, hogy a síkidom státusza megváltozott. Az osztókör és a vízszintes tengely metszéspontjára elhelyezünk egy újabb kört. Az átmérőt beállítjuk 40 mm-re. A 6.1.6. ábrán a Circular Pattern-t választva beállítjuk a minta kialakításához megfelelő értékeket. A



paramétereknél az origót kiválasztva elkészül a 6 db kör, egyenlő osztással. De elhelyezhetők tetszőleges számban és meghatározott szögértékig is.

A következő lépésben elkészítjük a 6 db kisebb furatot, amelyekben menet is található. Ehhez a Hole Wizard parancsot használjuk. A megjelenő menüben beállítjuk az elvárt furat sajátosságainak megfelelően a méreteket és alakot, majd megadjuk a helyzetét. A 6.1.7. ábrán



6.1.7. A menetes furat méretei

láthatóak az alkalmazott beállítások. A piros négyzettel jelölt profilok rajzolhatóak meg, így gyakorlatilag minden altalánosan használt típus elkészíthető. De speciális, nem hengeres furatok is rajzolhatók. A modelltérben is rendelkezésre áll a Circular Pattern parancs, így a furat könnyen kiosztható az előzőekben részletezett megoldáshoz hasonlóan a 6.1.8. ábrán látható beállításokkal. A mintát sárgával jelöli a program, amíg el nem fogadjuk. Ezzel a paranccsal nem csak furatok, hanem tetszőleges alakzatok, felületek, vagy akár testek is kioszthatók egy osztókor mentén. A másik megoldás a Linear Pattern, amit akkor használunk, amikor nem kör, hanem egy lineáris mintázat szerint szeretnénk kiosztani a geometriai sajátosságokat.





6.1.8. A kiosztott furatok elhelyezkedése a munkadarabon

A következő lépésben a letöréseket készítettem el. A Chamfer parancs a Fillet lenyitásakor kerül elő, az általam használt beállításokat a 6.1.9. ábra tartalmazza. Ebben az esetben is több beállítási lehetőség közül választhatunk. Megadható a letörés mérete, akár felületenként. Természetesen a letörés szögét és nagyságát is be tudjuk állítani. Nem csak egyetlen él jelölhető



6.1.9. Az élletörés beállítása

ki, ha felületet választunk, akkor annak minden élén megjelenik a definiált letörés, ha a geometria megengedi. Ez esetben ezt a felületet kékkel jelöli a szoftver.


A következő lépésben a munkadarab palástján lévő furatot készítettem el. Mivel ez ívelt felületre kerül, ezért a helyzetének korrekt megadásához több eszközt is használnunk kell. Elsőként a Top Plane-re rajzoltam a vázlat felületen a Front Plane-el 30°-os szöget bezáró egyenest, amit a For contruction-t kiválasztva konstrukciós geometriává alakítottam. A 6.1.10. ábrán látható módon alakult a vázlat.



6.1.10. Segédegyenes elhelyezkedése

A segédegyenest felhasználva új Plane-t hoztam létre. Amely az egyenesre merőleges és a munkadarab pálástjának érintője. A 6.1.11. ábrán a létrehozandó sík beállítása látható. A First Reference-nél kiválasztottam a Tangent lehtőséget, ezzel került a sík a palást érintőjére.



6.1.11. Az sík létrehozása

Az elkészült síkot felhasználva megadjuk a furat helyzetét a sketch felüleleten a pont eszközt alkalmazva. Majd ismét a Hole Wizard parancsot használva az előzőekben részletezett módon elkészítjük a palástra a 6.1.12. ábrán található paraméterekkel a furatot.



6.1.12. A paláston elhelyezkedő furat paraméterei



Majd a felső homlokfelületen készítjük el a 6.1.13. ábrán látható furatot a Hole Wizard parancs használatával. Az ábrán megfigyelhető, hogy az előzőleg elkészített két furat miként metszi egymást. Az utolsó előtti lépésben a harmadik, palástfelületen elhelyezett furatot metsző furatot készítjük el a munkadarab alján található kimunkált horonyban. A 6.1.14. ábrán látható a metszetben található méretekkel a Hole Wizard parancsot használva.





6.1.13. Homlokfelületen elhelyezkedő furat

6.1.14. A munkadarab utolsó furata

Az utolsó lépésben az elkészített furatokat a Right Plane-re tükrözzük. Az eljárás használatával a választott sík elletétes oldalán is megjelennek a furatok a megadott méretekkel és helyzetben. A Mirror parancs esetében nem csak sík lehet a tükrözéshez használt elem, hanem



6.1.15. Furatok tükrözése a Mirror parancs használatával

akár felület is. A tárcsa furatainak tükrözése a 6.1.15. ábrán látható, a sík és a furatok egyszerűen kiválaszthatók a modellfából is, így elkerülhetők az esetleges félrekattintások a modellen. A tükrözött geometriákat sárgával jelöli a program, míg a tükrözendők kékkel jelölve láthatók.



6.2. A kovácsdarab elkészítése

A kovácsdarab rajzolásánál elsőként a technológiai és megmunkálási hozzáadásokkal ellátott és egyszerűsített geometriát készítjük el. Érdemes a profilt úgy rajzolni, hogy az osztófelület az egyik síkra kerüljön, így később egyszerűbben létrehozható. A 6.2.1. ábrán látható az egyszerűsített geometria, amely a kovácsdarab alapjául szolgál. A kész síkidomot a For construction-t választva konstrukciós geometriát hoztam létre, ez szintén a 6.1.1. ábrán található.



6.2.1. Az egyszerűsített profil (balra) és az elkészült konstrukciós geometria (jobbra)

A következő lépésben a konstrukciós geometriát felhasználva Az Offset Entities paranccsal

átvesszük a profil vonalait az általunk megadott offszet értékkel növelve. Ezzel kialakítjuk a kovácsdarab előzőekben megszabott méreteit. A 6.2.2. ábrán látható a parancs használata, sárga folytonos vonal jelzi az új kontúrt.



6.2.2. Az Offset Entities parancs alkalmazása

A függőleges vonalakat a következő lépésben bázisként fogom használni, az oldalferdeségek beállításához, ezért kerültek átvételre. Az oldalferdeségek rajzolásakor a vázlat felületen a line

parancsot kiválasztva a síkidom csúcsaiból indulva rajzolunk egyegy folytonos vonalat a Top Plane-ig, ezek szögeit a Smart Dimension paranccsal adjuk meg, a függőleges vonalakhoz képest. A 6.2.3. ábrán látható a helyes oldalakkal ellátott profil.



6.2.3. Oldalferdeségekkel ellátott vázlat



A külső oldalakon 4,5 mm-ert, míg a belső oldalakon 6 mm-ert adtam meg. A következő lépésben a lekerekítési sugarakat rajzoljuk a vázlathoz. A Sketch Fillet parancs kiválasztása után a síkidom összes csúcsára a megszabott méretű rádiuszt egy kattintással elhelyezzük. Az egyik sarokban nem elhelyezhető a nagyobb méretű R=8mm-es sugár, így ott a használt táblázat szerint még elfogadható R=6mm-es sugarat alkalmaztam. A 6.2.4.-es ábrán piros négyzettel jelöltem a kisebb sugarú lekerekítést.

A következő lépésben a fenék rajzolását mutatom be. Első lépésként a szerkesztéshez használt segédegyenest hozzuk létre, mivel a munkadarab forgástest és csak a fenék legvékonyabb pontja érintkezik a szimmetriatengellyel, így ezt fogjuk referenciaként használni. A vázlat



6.2.4. A lekerekítési sugarakkal ellátott geometria

felületen létrehozunk egy pontot a meghatározott fenékvastagság felének megfelelő magasságban, innen indulva elhelyezünk egy egyenest, ami a vízszintes tengellyel 3°-os szöget zár be. Az egyenesnek metszenie kell a munkadarab szimmetriatengelyhez közelebbi kontúrját a 6.2.5. ábrán látható módon.

Amikor elkészült felhasználjuk a fenék ívelt részének szerkesztéséhez. A Tangent Arc parancsot kiválasztjuk menüszalagon és a segédegyenes szimmetriatengelyen lévő pontjából indulva rajzolunk egy ívet az egyenes és a kontúr metszéspontjáig. Fontos, hogy az ív kezdeti pontjából vízszintesen balra húzzuk az egeret, így a vízszintes tengelyhez képest érintő görbét fog rajzolni! Ha felfelé húzzuk az egeret, akkor függőleges lesz az érintő iránya. A 6.2.6. ábrán láthatóan alakul a rajzolt ív, a mérete adódik, esetemben R=1246,33 mm-re.





Az utolsó lépésben a sorjacsatorna rajzolása következik. Az eddigiekben ismertetett technikák használatával a kialakított kovácsdarab geometriájához egyszerűen hozzárajzoljuk a meghatározott méretű sorjacsatornát. A 6.2.7. ábrán látható a kész vázlat a főbb méreteivel.



6.2.7. A kovácsdarab profiljának kész vázlata a főbb méreteivel

A vízszintes tengelyre elhelyezünk egy szimmetriatengelyt a Centerline paranccsal, majd a vázlatot elfogadjuk a jobb felső sarokban található nyíl ikon segítségével. Ezzel visszatérünk a modelltérbe, ahol a Revolve parancs alkalmazásával elkészítjük a kovácsdarab helyes méretekkel rendelkező modelljét, amely a 6.2.8.-as ábrán látható háromdimenziós metszetben.



6.2.8. A kovácsdarab modelljének háromdimenziós metszete



6.3. A kovácsoló szerszámok modellezése

Az előző fejezetben elkészített kovácsdarabot fogjuk felhasználni a szerszámok modelljeihez a SolidWorks beépített szerszámkészítő modulját használva. Első lépésben a Split Line parancsot választjuk ki, a Curves menü lenyitásakor válik láthatóvá. Majd a mellékelt 6.3.1. ábrán látható módon kijelöljük az osztófelület síkját és az osztandó felületet.



6.3.1. A Split Line parancs alkalmazása és helyzete a menüben

A következő lépésben az előzőleg létrehozott vonal helyességét ellenőrizzük a Draft analysis parancs használatával. A szoftver képes a felületek elemzésére, sárga színnel jelzi a hibás oldalferdeségeket. Esetünkben nem jelzett hibát! A 6.3.2. ábrán látható az eredmény. Az osztófelület könnyen meghatározható, mert a kovácsdarab rajzolását a Top Plane-re szimmetrikusan hajtottuk végre. Az osztósíkot a Parting Line parancs a segítségével helyezzük el, ezt a 6.3.2. ábrán látható Molds legördülő menüjében találjuk. A megjelenő párbeszédpanelen kiválasztjuk az előzőleg a Split Line paranccsal definiált osztóvonalat, majd a Top Plane-t kiválasztva beállítjuk a szerszám elvárt irányát. A Parting Surface parancs az osztófelület tényleges elhelyezését teszi lehetővé. A parting line-t kiválasztva megjelenik az



6.3.2. Az oldalferdeségek ellenőrzése és az osztósík elhelyezése a Split Line parancsa használatával

osztósík. A méretét munkadarabhoz tudjuk igazítani, érdemes úgy megválasztani, hogy az alkalmazni kívánt géphez illeszkedő méretű és formájú szerszám kialakítható legyen. A Parting



Surface résznél beállítható a felület dőlésszöge is. A 6.3.4. ábrán látható az általam beállított paraméterekkel elkészített osztófelület. A következő lépésben készítjük el a szerszámokat a

Tooling Split parancs segítségével. A 6.3.5. ábrán látható módon, megadhatók egyszerűen a szerszámok kialakításához használandó geometriák. A program nyilakkal jelzi a szerszámok irányát. A Block Size menüpontban a szerszámok magasságát állíthatjuk be, a gyártandó alkatrész méretéhez igazítható, akárcsak az osztófelület mérete az előző lépésben. A megfelelő értékek beállítása után a zöld pipa gombra kattintva a program megjeleníti a kész szerszámokat.



6.3.4. Az osztófelület beállítása a Parting Surface parancs segítségével



6.3.5. A szerszámok méreteinek megadása és a geometriák kiválasztása a Tooling Split menüjében



Az elkészült szerszámok modelljeinek metszete a 6.3.6. ábrán látható. A szerszámok elkészítésének a következő lépése a felfogatáshoz szükséges csatlakoztató geometriák kialakítása lenne, de a szimulációk elkészítéséhez ezekre nincs szükség. A szerszámok rajzait a 7. és a 8. számú melléklet tartalmazza.



6.3.6. A kovácsolószerszámok és a kovácsdarab háromdimenziós metszete



7. VÉGESELEM SZIMULÁCIÓ

A dolgozat elkészítéséhez egy az iparág speciális igényeihez igazított célszoftvert fogok használni, ez a QForm3D képlékenyalakításhoz optimalizált szimulációs program. A többi általánosan használt szoftverhez képest jelentős könnyítésekkel rendelkezik. A modell hálózása teljesen automatikusan is megoldható, a számítások alatt ekkor dinamikusan változtatja a kritikus pontokon a háló tulajdonságait. A szimuláció definiálása rendkívül felhasználóbarát, egymást követő, egymásra épülő lépésekben rögzítették az eljárást. Ezért az esetleges hibák detektálása is rendkívül egyszerűvé válik és a lépések közül sem fogunk kihagyni véletlenül egyet sem. A szoftver képes a kovácsolási lépéseket projectként kezelni, így nem szükséges több különálló szimulációt készíteni, a lépések között tovább viszi a munkadarab elkészült geometriáját, majd azzal hajtja végre a további alakítási lépéseket.

A végeselem szimulációk megkezdése előtt létre kell hoznunk a QForm3D számára megfelelő fájlokat. Alapvetően 3 féle fájltípust képes használni. A 2D szimulációkhoz a *.dwg típusú modellekkel dolgozhatunk. Ha háromdimenzióban szeretnénk elkészíteni a szimulációt, akkor az *.stp, vagy *.igs típusú állományokkal lehetséges.

A relatíve egyszerű geometria miatt nem szükséges több lépésben kovácsolni a darabot. Reményeim szerint az első Revétlenítés lépés után elvégezhető a Formázási lépés. Ha mégsem képes megfelelően kitölteni a szerszámokat az acél a formázáskor, akkor készíteni fogok egy köztes előformázó lépést is, ez az első szimuláció futtatása után eldönthetővé válik.

Az Revétlenítési lépésben 2D axysimmetric szimulációt készítek, ehhez a *.dwg típusú fájlformátum a megfelelő. A SolidWorks-ben létre kell hozni a számított paraméterű előgyártmányt és a revétlenítéshez használandó zömítőszerszámokat, ezeket egyszerű korongokként készítettem el. A feladatuk a melegítéskor kialakult reve eltávolítása az előgyártmányról, illetve az optimális szálirány kialakításában is fontos szerepet játszanak.

Az első lépéshez a SolidWorks-ben készítettem el a zömítőszerszámokat és az előgyártmány modelljét. Ezeket a lépéseket nem részletezem, mert az előző fejezetben bemutattam a modell készítést. A kovácsdarab sorjacsartornával ellátott geometriáját vettem alapul az előgyártmány térfogatának meghatározásához. A dolgozatban a hőtágulást elhanyagoltam, a szimulációt nem befolyásolná érdemben. Az előgyártmány kiinduló átmérőjét a legnagyobb kereskedelmi forgalomban kapható mérettel határoztam meg, elkerülendő a zömítés alatti kihajlást. A



választott körvas átmérője Ø 300mm. A magasság meghatározása egyszerű henger térfogat számítással elvégezhető.

$$m_{előgyártmány} = \frac{4 * V}{d^2 * \pi} = \frac{4 * 12212418,66}{300^2 * \pi} = 172,7703 mm$$

Ezzel a magassággal teljesen kitöltené az alakító üregeket, de a melegítés alatt a darab mérete csökken a tűzveszteség miatt, ez jellemzően 3%-ot jelent. Ezért az előzőleg számított érték 97 %-át fogom felhasználni a modell alkotáshoz, ez 167,58727 mm-re adódott. Az elkészült térbeli modellből egy kétdimenziós *.dxf fájlt generáltam. Ezzel a QForm3D képes dolgozni. A 2D assymmetric módszer miatt nincs szükség a teljes modellre, ezért annak csak egy 90 °-os cikkjét használjuk a megfelelő nézet exportálásával.

7.1. Az előalakítás szimulációjának beállításai

Több lépésben szeretnénk elvégezni a szimulációkat, amelyek egymásra fognak épülni. A program képes az egyik lépésből a következőbe átvenni az adatokat, így nem kell minden egyes lépést precízen definiálni a helyes eredmény eléréséhez. Az első lépésben létrehozunk egy új project-et. A bal felső sarokban található Create new process gombra kattintva indítjuk el. Az ekkor megjelenő menüben kiválasztjuk az paramétereket, és beírjuk a project és lépés nevét, a 7.1.1. ábrán látható módon.



7.1.1. Új project első beállításai

Látható, hogy többféle alakítási eljárás szimulálható, és hő, valamint elasztikus és plasztikus deformáció számítására is alkalmas. Esetünkben csak a hő viszonyok változását szeretnénk szimulálni az alakításkor 2D tengelyszimmetrikus módban. Így a szimulációra fordítandó idő



jelentős mértékben csökkenthető. A kiválasztás után a Forward gombra kattintsunk, ha az Ok gombot nyomjuk meg, akkor a felület kilép és nem a következő lépésre ugrik.

A következő lépésben a használandó geometriákat importáljuk a programba. Ezt a Load from file (2D) parancs használatával tehetjük meg. Az ekkor megjelenő ablakban a fájl helyére navigálunk, majd kiválasztjuk a megfelelő állományt. A betöltés után megadjuk, hogy melyik síkidom milyen célt szolgál majd a szimuláció során. A 7.1.2. ábrán a már definiált szerszámok és munkadarab látható. A Properties menüben a piros téglalapban található Convert... parancs segítségével állíthatjuk be az objektumok típusát. Itt érdemes úgy választani, hogy a Tool 1 a felső szerszám legyen és a Tool 2 az alsó.

Geometry	
⊟- Objects	
	0
- 🕆 Tool 1	0
- 👕 Tool 2	0
Proportion	
Tioperties	
Convert	
Replace geometry	
Export mesh	
Сору	
Delete	
Source file	Revétlenítés szerszámok 168.DXF
 Object name in the file 	0
Туре	dxf

7.1.2. A betöltött síkidomok szerszámmá és munkadarabbá konvertálása

A következő lépéshez ismét a Forward gombra kattintunk. Ekkor a Workpiece parameters menü jelenik meg. Itt adhatjuk meg a munkadarab anyagát, hőmérsékletét, és a munkadarab és a szerszámok közötti súrlódás típusát. A 7.1.3. ábrán láthatóak a beállított értékek. A Friction between workpieces pontnál a Hot forging\Steel\Unlubricated opciót választjuk, mert az

Workpiece parameters	
Material	Steels\Mo - CrMo\42CrMo4; 1.7225
— Porous material	
- Grain size evolution	
 Phase transformation 	
- Diffusion	
— Temperature [°C]	1200
-Accumulated effective strain	0
-Volume change coefficient	1
-Friction between workpieces	Hot forging\Steels\Unlubricated
Place upside down before operation	

7.1.3. A munkadarab tulajdonságainak beállítása

alakítás során fontos szerepet játszik a szerszámok és a munkadarab közötti súrlódás, ha kenést



választunk akkor nem garantálható a teljes szimuláció alatt a munkadarab helyzete. Fontos, hogy az anyag kiválasztásánál két lehetőség létezik, a kovácsoláshoz beállított anyag tulajdonság akkor érhető el, ha az elsőt választjuk. A hideg alakításhoz optimalizált tulajdonságú anyagokat cold felirattal jelzi a program. A kovácsolási hőmérséklet az anyaghoz ajánlott intervallum tetejéről választottam. Ez 1200 °C lesz az összes kovácsolási művelet elején.

A Tool parameters menüben a szerszámok tulajdonságait állítjuk be. A minden pontban látható a két használni kívánt szerszám, így egyenként be tudjuk állítani a tulajdonságaikat. A drive pontban a szerszámok mozgását, vagy rögzítettségét adjuk meg. Esetünkben a Tool 1 0 fogja a kovácsoláshoz szükséges erőt kifejteni, és a Tool 2 0 helyzetét rögzítettem. A kenőanyag ebben az esetben is az előző pontban alkalmazott Hot forging\Steel\Unlubricated lesz. A következő a szerszám anyagának kiválasztása, ezt a programban előre definiált acélok közül választottam a könyvtár tartalmazza a leggyakrabban használt acélok tulajdonságait. A használt acél típusa 55NiCrMoV7. A következő pontban szerszámok kezdeti hőmérsékletének beállítása következik. A melegalakító acélokat elő kell melegíteni, mert a munkadarab behelyezésekor és alakításakor előforduló túl nagy termikus különbség következtében a szerszám megrepedhet. Ezért 200 °C- ra állítjuk a Temperature pontban a hőmérsékletet. A paramétereket a 7.1.4. ábra tartalmazza.

Tools parameters	
□- Drive	
— Tool 1 0	<u>50MN</u>
Tool 2 0	<u>+ OY</u>
- Lubricant	Hot forging\Steels\Unlubricated
— Tool 1 0	Hot forging\Steels\Unlubricated
- Tool 2 0	Hot forging\Steels\Unlubricated
🖃 Material	55CrNiMoV7; 1.2713
— Tool 1 0	55CrNiMoV7; 1.2713
Tool 2 0	55CrNiMoV7; 1.2713
- Temperature [°C]	200
— Tool 1 0	200
Tool 2 0	200
Put in contact	do not move backward 🔹
— Tool 1 0	do not move backward 🔻
Tool 2 0	do not move backward 🔻
- Friction between tools	Steel-steel no lubricant
Coupled tools simulation	
- Tools deformation model	Separate 🔻
— Tool 1 0	
Tool 2 0	
Heat transfer to workpiece	Simple 👻
— Tool 1 0	Simple 🔹
Tool 2 0	Simple 💌
- Spring loaded tool	
- Tool 1 0	
Tool 2 0	
- Movement of a tool by another connecting tool	
Springs between tools	

7.1.4. A szerszámok beállított tulajdonságai



A következő a Stop condition pontban a szimuláció futtatásának befejezéséhez szükséges állapot beállítása. Esetünkben a munkadarabot a kezdeti méretéről zömítjük 100 mm-es vastagságig, ezzel megfelelő mértékben ellapítjuk a készrekovácsolási lépéshez. A 7.1.5. ábrán látható módon beállítottam a két szerszám között elvárt távolságot, a Distance opciót választva.

Add condition	
Distance	
诱 <u>Time</u>	
Tool stroke	
Axis 1 of tool rotation	
Axis 2 of tool rotation	
Final position	
Maximum load	
📂 Field value	
Maximal calculation time	
Stop conditions	
- Minimum share of free surface [%]	1
E- Condition 1	Distance 🔹
- Distance [mm]	100
Individually for each blow	
- From tool	Tool 1 0 🗸 🗸
— To tool	Tool 2 0 👻
- Point 1	
Additional records	

7.1.5. A szimuláció megállítási paramétereinek beállítása

Lehetőségünk van meghatározott ideig, vagy akár maximált erőig, esetleg adott tengely elfordulásig is futtatni a szimulációt, amely fontos lehet kovácshengerléskor, ebben az esetben ezekre nincs szükségünk.

A következő pontban a Boundary conditions-ban a környezet hőmérsékletét állítjuk be. megadható még itt egyéb peremfeltétel is, de ezeket nem használjuk. A 7.1.6. ábra tartalmazza ezen lehetőségeket és a beállított 20 °C környezeti hőmérsékletet.

Az utolsó előtti beállításoknál megadjuk, hogy a munkadarab mennyi időt tölt a kemencéből kivéve a szabad levegőn és a művelet megkezdése előtt mennyi időt tölt a szerszámban azzal

Boundary conditions	
Environment	<u>Air 20°C</u>
- Workpiece 1 0	
— T ool 1 0	
Tool 2 0	
Properties	
Create boundary condition	
Load	
Velocity	
Pressure	
Heat rate	
Heat rate per unit area	
Heat rate per unit volume	
Rotation	

7.1.6. Boundary conditions beállításai



érintkezve. A program számol a darab hűlésével, így is közelítve a valóságot. A Cooling in air pontban 5 s-ot adtam meg, míg a Cooling on tool-ban 2 s-ot.

7.2. A készre kovácsolási szimuláció beállításai

A kovácsolás második lépésében a tervezett kovácsoló szerszámokat fogom használni. A számítási idő csökkentésének érdekében a tervezett testeknek az ¼-ét használtam fel. A QFormba épített QShape modullal ellenőriznünk kell a geometriákat, mert előfordulhatnak olyan részletek, amelyeket a program nem tud kezelni. A menüszalag jobb első ikonjára kattintva elindul a 3D Geometry editor QShape parancs. Ekkor a szerszámok_negyed.stp fájlt a File menü New gombjára kattintva importáljuk. A 7.2.1 ábrán látható módon két darab objektum jelent meg, ezeket Shell 0 és Shell 1 névvel látta el automatikusan. Az egyik szerszámot



7.2.1. Az importált geometriák a QShape modellterében.

kiválasztva megjelennek az Operations menüben az elvégezhető műveletek. A Diagnostics parancsot kiválasztva elkészül a szerszámfél elemzése. Esetemben mind a két félen a Narrow Faces hibát jelezte, Shrink parancs használatával egyszerűen kijavítja a talált problémát.



A 7.2.2. ábrán látható a felső szerszám belső részén sárga folytonos vonallal kijelölve a hiba. A Shrink parancsot pedig nyíllal jelöltem.



7.2.2. A QShape által felfedezett geometria sárgával jelölve, nagyítva hibás Face

A javítás után elkészíthető a hálózás. Ebben a lépésben készít a program tömör testeket a shellekből. A 7.2.3. ábrán láthatóan alakult az egyik szerszám hálózása. Ahol a geometriát kellően bonyolultnak találja a szoftver ott automatikusan finomabb hálót feszít rá. A szimuláció alatt a



7.2.3. A felső szerszám az elkészült hálóval (A Convert parancs nyíllal jelölve)



háló az igénybevételeknek megfelelően további finomításra kerül. A következő lépésben a szerszámok definiálása történik. A Convert parancs használatával megadjuk, hogy melyik lesz a TOOL 1 és a TOOL 2, majd a File menü Save SHL parancs használatával *.shl állományként mentjük a javított szerszámokat a geometriák ezek után használhatóak a szimulációkban.

A QShape szimulációs moduljában a Projekt fülön kiválasztjuk az Add operation to process chain parancsot, ezzel a revétlenítés és a készrekovácsolás egy projektbe kerül, és az első lépésben kialakult munkadarab az első lépésben definiált tulajdonságait és az alakjában bekövetkezett változásokat viszi tovább a következő szimulációs lépésbe.

A Geometry pontban a Workpiece inaktív, csak a szerszámokat van módunk kiválasztani. A revétlenítés szimulációban lépésben bemutatott módon a javított geometriákat tartalmazó fájlt importáljuk, ekkor megjelennek a modelltérben a szerszámok negyed modelljei. A teljes testek láthatóvá tételéhez szükség van a szimmetria síkok megadására, ezt a Set plane of symmetry paranccsal érhetjük el. A 7.2.4. ábra bal oldalán látható a betöltött negyed szerszámok, a jobb



7.2.4. A teljes szerszámok létrehozása az importált geometria használatával

oldalán pedig a szimmetria síkok megadása után létrejött teljes szerszámok. A használandó parancsot nyíllal jelöltem.

A következő pontban a munkadarab tulajdonságait kell megadni, esetünkben erre nincs szükség, mert azokat a revétlenítési lépésből veszi át a program. A Forward gombot megnyomva a következő pontra lépünk, itt a formaadó szerszámok tulajdonságait adjuk meg. Egy kivételével ugyanazokat a beállításokat alkalmazzuk, mint a zömítő szimulációban. A



Lubricant pontban megadjuk a formázás alatt alkalmazandó kenőanyagot. Itt már szükséges a használata az optimális eredmény elérésének érdekében. A süllyesztékes kovácsoláskor elterjedten alkalmazott kenőanyagot választjuk ki, amely a grafit és víz emulziója a fekecs. A Forward gombra kattintva a következő lépésben a Stop conditions menü következik. Itt több is kiválasztható, a szimuláció akkor fog megállni, amikor a megadott peremfeltételek közül az első teljesül. Ebben az esetben a Final position lehetőséget választottam. A következő pontban a Boundary connditions-t állíthatjuk be. Az környezet hőmérsékletét 20 °C alap értéken hagyjuk. Ha a szerszámok terhelését is szeretnénk szimulálni, akkor a szerszámokra egyesével meg kell adnunk a Rigid fixing pontot választva egy-egy testet, így a program képes számolni a szerszámok igénybevételét is a 7.2.5. ábra tartalmazza ezek elhelyezkedését és a megadott paramétereiket.



7.2.5. A szerszámok kényszerinek beállítása

A következő lépésben a hűlési időkre ismét az előző lépésben használt értékeket alkalmazom, így a levegőn 5 s-ot tölt a munkadarab, míg a szerszámokkal érintkezve 2 s-ot a művelet megkezdése előtt.

A megfelelő beállítások után a szimulációk futtathatóvá válnak. Ha a szoftver valamilyen hibát észlel, akkor a hibás beállításokhoz navigál minket, így a javításhoz nincs szükségünk átnézni az összes paramétert. A 7.2.6. ábrán látható a szimulációs menü, itt a nyíllal jelölt Start





simulation gombra kattintva elindul a számítás a projekt első lépésével kezdi, majd a második lépés elkészítése után az állapotsávban jelzi, amikor 100.00%-ig elkészült. A kék nyíllal jelölt gombbal a szerszámok szimulációját indíthatjuk el, természetesen ez csak akkor aktív, ha a Boundary conditions-ban, megadtuk a szerszámok kényszereit. A szimuláció lefuttatása ebben az esetben 58 percig tartott, a negyed szerszámok használata miatt készült el viszonylag gyorsan. A szerszámok szimulációja további 47 másodpercet vett igénybe, de ezt csak a szimuláció aktuális időpillanatában hajtja végre.

7.3. A szimulációk eredményei

A következő ábrákon a szimulációk eredményei láthatóak, a zömítési lépésben nem számítottam problémára és hiba mentesen is alakult. A formaadó szerszámok használata közben előfordulhat -nem megfelelően tervezett szerszámok esetén- kitöltési hiba, vagy a szerszám anyagának tulajdonságait meghaladó feszültség, amely töréshez, vagy korai elhasználódáshoz vezethet.

Az első lépésben a zömítés történik, az alaposan leegyszerűsített kovácsdarab miatt szükségtelen bonyolult előalakító szerszámok alkalmazása, ezért a valóságban is gyakran használt sík szerszámokkal készült el. A 7.3.1. ábrán látható a munkadarab a zömítés után a használt automatikusan generált hálóval együtt. A munkadarabban kialakult feszültség



7.3.1. Zömítés befejezésekor kialakult feszültség viszonyok és munkadarab alakja a használt hálóval.



maximumát (107,05 MPa) és minimumát (56,04 MPa) is nyilakkal jelöltem az ábrán. A 7.3.2.



grafikonon látható a felső szerszám terhelése a teljes időtartam alatt. A maximális terhelés a folyamat végén 10,26 MN. A munkadarabban feszültség értékek eloszlásáról készített oszlopdiagramban a feszültségek eloszlása látható a teljes térfogatra vetítve a 7.3.3. ábrán, leolvasható, hogy a feszültség a teljes keresztmetszet 95%-ban nem lépi át a 95,29 MPa értéket.



7.3.3. A feszültségek eloszlása a munkadarabban

A hőmérséklet a kovácsolás kezdetén a munkadarabban a beállított 1200 °C volt, a szerszámokban az elvárt előmelegítés miatt 200 °C, ami a folyamat végén mind a szerszámokban, mind a munkadarabban emelkedett. A kovácsdarab maximális hőmérséklete 1208,24°C-ot ért el, a szerszámok munkadarabbal érintkező felülete a 7.3.5. abrán látható módon alakult, a hőmérséklet maximuma elérte a 836,81°C-t. Ez nem jelent problémát, mivel szerszámok temperálása a kovácsoláskor folyamatos az alkalmazott folyadék hűtés miatt, így ez a hőméréklet tekinthető pillanatnyi értéknek. A munkadarab eltávolítása után visszahül az



előírt értékre. Az előalakítás a beállított értékek és anyagok használatával sikeresen elvégezhető.



7.3.5. A hőmérsékleti viszonyok kovácsolás kezdetén (balra fent) a kovácsolás végén (jobbra fent) és a szerszámokban a kovácsolás végén (lent)

A szimuláció második lépésében a készre kovácsolást készítettem. A megfelelően egyszerűsített és a vonatkozó szabványok betartásával készített szerszámokat a vártaknak megfelelően tökéletesen kitölti a munkadarab. A 7.3.6 ábrán látható a sikeres szimuláció végén elért alak, a

felső szerszámot átlátszóvá tettem, hogy az ábrázolni kívánt feszültség maximum helyzete értelmezhető legyen, ezt piros nyíllal jelöltem. Az ábrán látható a feszültség minimuma is, ez a munkadarabban helyezkedik el. Jól megfigyelhető a hálózás finomítása a kritikus felületeken, ez szimuláció futtatásakor а а dinamikusan változott. А hőmérsékletek a beállított hűlési



7.3.6.A készre kovácsolás befejezésekor elért feszültség maximum és a kitöltés állapota az automatikus hálózással



idővel módosítva a készre kovácsolás kezdetén a munkadarabban a 7.3.7. ábrán látható módon alakultak. A maximum érték 1204,94°C, míg a minimum 890,91°C. A folyamat végén a maximum érték elérte az 1220,91°C-t, míg a minimum 573,7°C-ra csökkent. A szerszám belsejében a hőmérséklet 717,08°C-ot ért el.



7.3.7.A hőmérsékletek értékei a szimuláció kezdetén (balra fent) és a szimuláció végén (jobbra fent). Valamint a szerszám maximális hőmérséklete a kovácsolás befejezéskor (lent)

A feszültség viszonyok szerszámokban a 7.3.8. ábrán láthatóak. A feszültség maximum az alsó süllyesztékben jelentkezik, ezért a láthatóság érdekében a munkadarabot és felső szerszámot



7.3.8. A kialakult feszültség értékek az alsó süllyesztékben a kovácsolás befejezésekor

kikapcsoltam. Jól megfigyelhető, hogy a legnagyobb feszültség a szerszám belsejében ébred,



de ez is mindössze 357,95 MPa, a választott acél folyáshatára 1100 MPa, így kijelenthető, hogy a kialakuló feszültséget képes elviselni, sem megrepedni, sem alakváltozást nem fog elszenvedni a kovácsolás alatt. A feszültség értékek eloszlása a teljes térfogat függvényében a következő 7.3.9. ábrán látható módon alakult. A felvett értékek 95%-ban nem érik a 245,7 MPa





értéket. A szerszámok terhelését az alábbi 7.3.10. ábrán diagrammon ábrázoltam, a piros görbe az alsó süllyeszték értékeit mutatja, a barna pedig a felső felet.



Az eredmények figyelembevételével kijelenthető, hogy a kovácsolás sikerrel elvégezhető! A munkadarab a vártaknak megfelelően kialakítható és a szerszámban sem lépnek fel végzetes vagy korai elhasználódást jelentő igénybevételek.



8. GAZDASÁGI SZÁMÍTÁSOK

A munkadarab gyártásához szükséges acél mennyisége 14 db gyártása esetén 2107 mm. A legkisebb rendelhető hossz 5000 mm, a felhasznált anyag mennyiség árát a 4. számú mellékletben található árajánlat segítségével hoztam létre.

Az ajánlatban szereplő anyag nettó értéke: 1 931 517 Ft

A felhasználandó anyag nettó értéke: 813 941 Ft

A kovácsolást végző cégtől nem állt rendelkezésre árajánlat a dolgozat írásakor, ezért a műveletek árait becsléssel fogom meghatározni. A méretre vágás nem generál további költséget, mert a kovácsolást végző vállalat ezt el tudja végezni, megfelelő pontosságban. A kovácsolt darabok elkészítésének egységárát nettó 150 000 Ft-ban határoztam meg. A 14 db kovácsolt darab elkészítése nettó 2 100 000 Ft

A forgácsolás a GO-METALL Kft. telephelyén történik. Egy darab készre forgácsolása 16 órát vesz igénybe. A forgácsoló kollégák órabére átlagosan nettó 3 000 Ft körül alakul. Ezeket figyelembe véve a 14 db elkészítéséhez szükséges gépidő 224 óra. A kollégák átlagos bérével számolva ez nettó 672 000 Ft.

A szerszámok tervezésére a Magyar Mérnök Kamara díjszabását vettem figyelembe, amely önálló mérnök esetén 175 000 Ft/nap. A tervezésre fordított idő a számítások, a modellek és a rajzok elkészítése 40 órát vett igénybe, amely 5 munkanap. A teljes szerszám tervezés mérnöki díja nettó 875 000 Ft.

A szállítást külső cég fogja végezni, amely 3,5 tonnás emelőhátfalas teherautót biztosít, sofőrrel nettó 15 000 Ft/óra áron. A megrendelő telephelye nagyjából 150 km-re található a GO-METALL Kft. telephelyétől. A szolgáltatást 4 órára vesszük igénybe, amelybe belefér a rakodás mind a két helyszínen, valamint a szállítás. A munkadarabok csomagolása 2 db raklapon megoldható, ezek nettó ára 25 050 Ft. A szállítás teljes költsége 85 050 Ft.

A 14 db munkadarab elkészítése a fent részletezett árakkal nettó 4 545 992 Ft. A 8.1. táblázatban feketével kiemelt sorban található. A táblázat utolsó sorában szereplő árba a rendelt alapanyag teljes költségével növelt ár is kiszámításra került, tájékoztató jelleggel.



8.1. táblázat Az árajánlatban szerepeltethető árak

Munkadarab mennyisége	14,00	db			
Külső átmérő	300,00	mm			
Magassága	150,50	mm			
Σ hossz	2 107,00	mm			
Teljes rendelt anyag	5 000,00	mm			
Maradék anyag hossza	2 893,00	mm			
Rendelt anyag értéke	1 931 517,00	Ft	Bruttó	2 453 027,00	Ft
Felhasznált anyag értéke	813 941,26	Ft	Bruttó	1 033 705,41	Ft
Forgácsolás ára	672 000,00	Ft	Bruttó	853 440,00	Ft
Órabér	3 000,00	Ft	Bruttó	3 810,00	Ft
Darabszám	14,00	db			
Gépidő (1 db)	16,00	óra			
Σ Gépidő	224,00	óra			
Raklap	12 525,34	Ft	Bruttó	17 158,00	Ft
2 raklap	25 050,68	Ft			
Autó+sofőr	15 000,00	Ft/óra	l		
Út hossza	150,00	km	300,00	km	
4 óra ára	60 000,00	Ft			
Mérnöki napidíj	175 000,00	Ft			
5 nap (40 óra)	875 000,00	Ft			
Kovácsolás darabolással	150 000,00	Ft			
14 db	2 100 000,00	Ft			
Σ ár	4 545 991,94	Ft	Bruttó	<u>5 773 409,77</u>	Ft
Σ ár teljes anyag	5 663 567,68	Ft	Bruttó	7 192 730,95	Ft



9. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat célja a papírgyártásban használt gép egyedi tengelyvég tárcsájának gyártása süllyesztékes kovácsolással, az ehhez kapcsolódó szerszámok elkészítése, gyárthatóság ellenőrzése szimulációk végrehajtásával.

Tanulmányoztam a rendelkezésre álló szakirodalmat, ezek felhasználásával és a szabványok betartásával elkészítettem a modelleket.

A munkadarab 42CrMo4+QT acélból készítendő, ezt szem előtt tartva meghatároztam a kovácsoláshoz szükséges geometriát, amelyet felhasználva a SolidWorks beépített parancsainak segítségével elkészülhettek a formaadó üregekkel ellátott szerszám felek.

A szimulációkhoz a gyakorlatban is széleskörben alkalmazott célszoftvert QForm3D-t használtam, ezt kifejezetten a képlékeny alakítási eljárások szimulációihoz fejlesztették, így elmondható, hogy az eredmények a valóságot megfelelő mértékben képesek közelíteni. A megfelelő számítások elvégzése után az előgyártmány méreteit a 3 %-os leégéssel korrigálva dwg formátumba exportáltam az összeállítást, amelyben a kovácsolás első lépéseként alkalmazandó zömítés lépést szimuláltam. Ekkor az előgyártmányt két sík szerszám között revétlenítjük. A szimuláció hiba nélkül lefutott, megfelelő geometriát biztosítva a második, formaadó szerszámokkal végzett szimulációhoz.

A második lépést három dimenzióban szimuláltam, amelyre az összetett geometria miatt volt szükség, azonban a gyártandó alkatrész és ezzel együtt a szerszámok is tengelyszimmetrikusak, ezért a számítási idő csökkentésének érdekében a testek ¼-ét használtam fel. A szimuláció ezzel az egyszerűsítéssel is kellően pontosan elvégezhető. A SolidWorks-ből exportált fájlokban javítottam a geometriai hibákat, amelyeket a végeselem szoftver nem volt képes kezelni. A peremfeltételek beállítása után a szimuláció hiba nélkül lefutott. Az adatok vizsgálatakor bizonyítottam, hogy a gyártás a valóságban is végrehajtható, a szerszámok ki fogják bírni károsodás nélkül az összes darab gyártásakor a kialakuló igénybevételeket, akár további darabok is készíthetők velük, ha a megrendelő később még több darabot szeretne gyártatni.

A gazdasági számításokban meghatároztam a megrendelő felé kiadható árat, amely magában foglalja a tervezés, kovácsolás és a forgácsolás árait, valamint a szállítás, csomagolás árait.



10. SUMMARY

The aim of the thesis is the production of a unique shaft end disc for a paper making machine by means of down-hole forging, the preparation of the corresponding tools, and the verification of manufacturability by simulations.

I have studied the available literature, used it and prepared the models in compliance with the standards.

The workpiece is to be made of 42CrMo4+QT steel, with this in mind I determined the geometry required for forging, which I used to create the tool parts with moulding cavities using the built-in commands in SolidWorks.

For the simulations, I used the widely used target software QForm3D, which was developed specifically for simulations of plastic deformation processes, so the results can be said to approximate reality to a reasonable degree. After performing the appropriate calculations, I exported the assembly in dwg format, corrected for the 3% burn-down of the preform dimensions, simulating the forging step to be used as the first step of the forging process. The preform is then reworked between two flat dies. The simulation ran without error, providing a suitable geometry for the second simulation with forming tools.

The second step was simulated in three dimensions, which was necessary because of the complex geometry, but the part to be produced and therefore the tools are axisymmetric, so I used ¹/₄ of the bodies to reduce the computation time. The simulation can be performed accurately enough with this simplification. I corrected geometric errors in the files exported from SolidWorks that the finite element software was unable to handle. After setting the boundary conditions, the simulation ran without errors. When examining the data, I proved that the production can be done in reality, the tools will withstand the stresses that will be created during the production of all the parts without damage, and even additional parts can be made with them if the customer wants to produce more parts later.

In the economic calculations, I have determined the price that can be charged to the customer, which includes the prices of design, forging and cutting, as well as the prices of transport and packaging.



11. IRODALOMJEGYZÉK

[1]Biszak, Sándor. Arcanum Digitális Tudománytár. 2023. 07 30.

https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Hodoltsag-a-hodoltsag-koramagyarorszag-torokkori-tortenete-1/a-vegvari-rendszer-kiepitese-es-ellatasa-4003/varainkfegyverzete-es-felszerelese-a-xvi-xvii-szazadban-az-inventariumok-tukreben-5169/9kezmuves-mes.

- [2], boehler.hu." BÖHLER. 2023. 09 21. https://www.boehler.hu/hu/szerszamacel/.
- [3]Dezső, Gergely, és Ferenc Szigeti. SZIMULÁCIÓS ALAKLMAZÁSOK A NYÍREGYHÁZI EGYETEM MŰSZAKI KÉPZÉSEIBEN. Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Szabolcs-Szatmár-Bereg, 2016.
- [4]Diószegi, Gy. Gépszerkezetek Példatár. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1996.
- [5]Dobranski. Munkadarab befogó készülékek a gyártásban. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1977.
- [6]Dr. Bagyinszki, Gyula, és mtsai. Anyagtechnológiák. Typotex Kiadó, 2012.
- [7]Dr. Danyi, József, és ferenc Dr. Végvári. *Gépjárműgyártás, fenntartás*. Kecskeméti Főiskola: Typotex Kiadó, 2011.
- [8]Dr. Fledrich, Gellért, Attila Dr. Kári-Horváth, Gyula Dr. Kakuk, István Dr. Pálinkás, és László Dr. Zsidai. *Gépgyártástechnológia*. Gödöllő: Szent István Egyetem Kiadó, 2013.
- [9]Dr. Fledrich, Gellért, Attila Dr. Kári-Horváth, Tamás István Dr. Pataki, és László Dr. Zsidai. *Mechanikai technológiák*. Gödöllő: Szent István Egyetem Kiadó, 2017.
- [10]Dr. habil Dogossy, Gábor. A képlékeny alakítás elméleti alapjai. Széchenyi Egyetem, Győr-Moson-Sopron, 2019. 11 20.
- [11]Dr. Kári-Horváth, Attila, és Tamás István Dr. Pataki. *Szerszámok és készülékek*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 2017.
- [12]Dr. Kári-Horváth, Attila, Lajos Dr. Pellényi, Lajos Szabó , és László Dr. Zsidai. *Gépgyártástechnológia példatár és segédlet.* Gödöllő: Szent István Egyetem Kiadó, 2006.
- [13] Dr. Kátai, László. CAD Tankönyv. Gödöllő: Typotex Kiadó, 2012.
- [14] Dr. Márton, Tibor. Technológia és készülékek. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1992.
- [15] Dr. Német, Béla. Ipari technológiák. PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM, Baranya, 2012.
- [16]Dr. Orbulov, Imre Norbert. *Képlékenyalakítás.* BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, Pest, 2017. 04 26.
- [17]Dr. Szabó, László. *Magyar elektronikus könyvtár.* 2023. 07 25. https://mek.oszk.hu/01200/01201/html/.
- [18] Dr. Török, Béla. Archeometallurgia. Miskolci Egyetem, Borsod-Abaúj-Zemplén, 2013.
- [19]Fenyvessy, T., R. Fuchs, és A. Plósz. *Műszaki táblázatok*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, 2008.



[20]Grant, Hiram E. Munkadarab-befogó készülékek Példatár. Műszaki Könyvkiadó: Budapest, 1970.

- [21]Horváth, M., és S. Markos. *Gépgyártástechnológia*. Budapest: Műegyetemi Kiadó, 2001.
- [22]Kalotai, T., J. Kucher, T Szele, és J. Tihanyi. *Szerszámgép tartozékok és készülékek.* Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1969.
- [23]Kári-Horváth , A., és I. Valasek. *Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban*. TECHMONITOR, 2011.
- [24]Kári-Horváth, Attila, Tamás István Pataki, Ádám Sarankó, és Nóra Szilágyi . *A forgácsolóüzemek emulziókezelési "kaputól-kapuig" technológiájának felülvizsgálata*. MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA LXIII. évfolyam , 2022.
- [25] "Loksacel.hu." 2023. 09 20. chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://loksacel.hu/wpcontent/uploads/2018/10/42crmo4.pdf.
- [26] Márton, Gottschall. GO-METTAL Kft. Csepeli Ipari Park, 2022. 06 21.
- [27]Moharos, István, István Oldal, és András Szekrényes. *Végeselem-módszer Egyetemi tananyag.* Gödöllő: Typotex Kiadó, 2011.
- [28]Molnár, J., és S. Dr. Szabó. Készüléktervezés. ME kiadó: Miskolc, 1995.
- [29]Rábel , György. Készülékszerkesztés. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1968.
- [30]Shapr3D. Shapr3D. 2023. 07 24. https://www.shapr3d.com/.
- [31]SHE_HONG_INDUSTRIAL, SHE HONG INDUSTRIAL CO. LTD. *Hartford*. 2023. 07 22. https://www.machiningcenter.com.tw/en/product/HSA-323.
- [32]Szabó, A., és I. Dr. Kozma . Gyártóeszközök tervezése és gyártása. Széchenyi István Egyetem, 2011.
- [33]Valasek, I., és A. Kári-Horváth. *The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency.* TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3pp. 3, 2011.



KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Bazán Tibor (hallgató Neptun azonosítója: EP8F5W) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz:

igen nem*3

Kelt: Gödöllő, 2023 október 17.

Dr. Kon- Howerk Allele

Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzandó.

³ A megfelelő aláhúzandó.



NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Bazán Tibor
A Hallgató Neptun kódja:	EP8F5W
A dolgozat címe: modellezése tengelyvég csap	Süllyesztékes kovácsolószerszám tervezése és számítógépes ágyazást lezárt gépelemhez
A megjelenés éve:	2023
A tanszék neve:	Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrárés Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Gödöllő, 2023 október 17.

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.



NYILATKOZAT

Alulírott Bazán Tibor, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépészmérnök szak nappali/<u>levelező</u>* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen <u>nem</u>*

Kelt: Gödöllő, 2023. Október 17.

Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozat<u>ot/Szakdolgozatot</u>/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre j<u>avaslom</u> / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz:

igen <u>nem*</u>

Kelt: Gödöllő, 2023. Október 17.

Dr. Kon- Howek Allehe

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!



12. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet

A GO-METALL Kft. gépparkja

- CNC portál megmunkáló központ 1 db Hartford HSA-323 EAY, Asztalméret: 3000 x 2200 mm, Megmunkálási tartomány: X=3000 mm, Y= 3100 mm, Z= 1000 mm
- CNC függőleges megmunkáló központ 1 db

Hartford HCMC-1892, Asztalméret: 1950 x 920 mm, Megmunkálási tartomány: X=1800 mm, Y= 920 mm, Z= 820 mm

• CNC vízszintes megmunkáló központ – 1 db

Hartford PBM-115A, Asztalméret: 1400 x 1600 mm, Megmunkálási tartomány: X=2000 mm, Y= 1600 mm, Z= 1500 mm, W= 500 mm

• CNC Karusszeleszterga gépek 1 db –

megmunkálási tartomány: Ø 2.200 mm (CK 5123E) 1 db - megmunkálási tartomány: Ø

1.450 mm (SC-14) 1 db - megmunkálási tartomány: Ø 1.000 mm (VL-86 H)

• Karusszeleszterga gép 1 db –

megmunkálási tartomány: Ø 1300 mm

• CNC Esztergagépek 1 db

TNL130-AL: max. esztergálható átmérő: Ø 420 mm, max. esztergálható hossz.: 600 mm 1 db HT-76 ferdeágyas esztergagép: max. esztergálható átmérő: Ø 484 mm, max. esztergálható hossz.: 700 mm 2 db DN-3000 Heinemann: max. esztergálható átmérő: Ø 670 mm, max. esztergálható hossz.: 1750 mm

• Esztergagép 1 db

DPA típusú egyetemes eszterga: megmunkálási tartomány: Ø420 x 1000 mm



• Megmunkálóközpontok

Megmunkálási tartomány: X = 2000 mm, Y = 2000 mm, Z = 800 mm Asztalméret: 1800 x 1800 mm 3 db YBN 90 N / CNC 1 db MVI-6/10 / CNC 1 db MVI-10/11 / CNC 1 db WHN 10 / CNC 1 db WHN 11 / CNC 1 db WHN 13 / CNC

• Horizontáleszterga gépek

Megmunkálási tartomány: X = 1600 mm, Y = 1250 mm, Z = 800 mm Asztalméret: 1250 x 1250 mm 1 db TOS 100 optikai mérőrendszerrel 1 db WH 10 NC elektronikus mérőrendszerrel és kijelzővel

• Gyalugép

1 db - megmunkálási tartomány: 1650 x 4000 mm

A megmunkálandó alkatrészek súlya nem haladhatja meg az 5 tonnát.



2. számú melléklet

A 42CrMo4 acél BÖHLER adatlapja



BÖHLER V320

HEAT TREATABLE STEELS AND PRECIPITATION HARDENING STEELS

Available Product Variants

Long Products Plates

Product Description

Cr-Mo alloyed steel grade for applications requiring high tensile - and toughness values, particular in medium and large cross sections in quenched and tempered heat treatment condition.

Process Melting

ESR

Properties

Molybdenum addition prevents this steel grade from temper brittlement. Surface hardenable. Manufacturing of parts in vehicles for gear boxes and engines.

Applications

> Press Plates

voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/







HEAT TREATABLE STEELS AND PRECIPITATION HARDENING STEELS

BÖHLER V320

Technical data

rial designation		Standards	
1.7225	SEL	10083-3	
G41400	UNS	10132-3	
G41420		10250-3	
G41450		10263-4	
H41400		10269	ENISO
H41420		10297-1	
H41450		10305-1	
K14248		10343	
42CrMo4	EN		
SCM 440 M	SIL	6382N	
SCM 440 TK		6381H	100000
SCM 440 HRCH		6395G	AMS
SCM 440 RCH		6452D	
SCM 440 H		6529C	
SCM 440		G3311	
SNB 7 Class 2		G3441	
	2 A	G3509-1	
	G35 G4	G3509-1	JIS
		G4053	
		G4052	
		G4107	



voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/







HEAT TREATABLE STEELS AND PRECIPITATION HARDENING STEELS

BÖHLER V320





voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/






HEAT TREATABLE STEELS AND PRECIPITATION HARDENING STEELS

BÖHLER V320





Kühlzeit von 800°C auf 500°C in Sekunden / Time of cooling from 800°C to 500°C in Seconds

Physical Properties

Density	7.85 0.28	[kg/dm ⁵ lb/in ⁵]
Thermal conductivity	42 24.27	[W/(m.K) BTU (IT) ft/hr/ft ² /F]
Specific heat	460 109.87	[J/(kg.K) BTU (IT) Ib/F]
Spec. electrical resistance	0.19 0.9	[Ohm.mm ² /m 10 ⁻⁴ Ohm.inch ² /ft]







HEAT TREATABLE STEELS AND PRECIPITATION HARDENING STEELS

BÖHLER V320

Thermal Expansions between 20°C | 68°F and ...

Temperature (°C °F)	100 212	200 392	300 572	400 752	500 932	600 1112
Thermal expansion (10 ⁻⁶ m/(m.K) 10 ⁻⁶ inch/ (inch.F))	11.1 5.2	12.1 6.7	12.9 7.2	13.5 7.5	13.9 7.7	14.1 7.8

For more information see https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. Measurement data are laboratory values and can deviate from practical analyses. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.

voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG Mariazeller Straße 25 8605 Kapfenberg, AT T. +43/50304/20-0 E. <u>info@bohler-edelstahl.at</u> https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/

V320 EN - 03.2023





Az 551niCrMoV7 acél BÖHLER adatlapja



BÖHLER W500

HOT WORK TOOL STEELS

Available Product Variants

Open Die Forgings Plates

Product Description

BÖHLER W500 is a quenched and tempered hot work tool steel with approx. 1% chromium and 2% nickel and corresponds to material number 1.2714 (56NiCrMoV7). This steel has high hot toughness as well as excellent through hardenability and is therefore well suited for dies up to largest dimensions.

Process Melting

Airmelted

Properties

Die block steel for oil and air hardening with excellent toughness and through hardening characteristics.

> Forging Applications

> Rolls

Applications

>	Extrusion	
>	Rolling	

> Forging (Hot / Semi-hot)

Technical data

1.2714	SEL
~T61206	UNS
55NiCrMoV7	EN
~L6	AISI
~SKT4	JIS

4957	EN ISO
G4404	JIS

Chemical composition (wt. %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
0.55	0.25	0.75	1.10	0.50	1.70	0.10







BÖHLER W500

Material characteristics

	High temperature strength	High temperature toughness	High temperature wear resistance	Machinability
BOHLER W500	**	****	*	***
BOHLER W300	**	* * *	**	****
BOHLER W302	* * *	***	* * *	*****
	****	* * *	****	****

Delivery condition

Annealed				
Hardness (HB)	max. 248			
Heat treatment				

Temperature	650 to 700 °C 1,202 to 1,292 °F	Holding time 6 to 8 hours. Slow, controlled furnace cooling at 10 to 20° C/h (50 to 68 °F/hr) to approx. 600° C (1112°F), further cooling in air.
Stress relieving		
Temperature	600 to 650 °C 1.112 to 1.202 °F	For stress relief after extensive machining or for complicated tools. Holding time depending or tool size after complete heating 2 - 6 hours in neutral atmosphere. Slow furnace cooling.

Temperature	850 to 900 °C 1,562 to 1,652 °F	Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes; Quenching; Oil, salt bath (500 - 550°C [932-1022°F]), air, vacuum; After hardening, tempering to the desired working hardness (see tempering chart).
-------------	--------------------------------------	---

Heat treatment sequence









BÖHLER W500

Continuous cooling CCT curves



Quantitative phase diagram



Austenitising temperature: 850°C (1562°F) Holding time: 15 minutes

Ovickers hardness 5...91 phase percentages 0.14...22.5 cooling parameter (A) i.e. duration of cooling from 800 - 500°C (1472-932°F) in s x 10°² 2.5...0.18 K/min cooling rate in K/min in the 800 -500°C (1472-932°F) range

A... Austenite B... Bainite K... Carbide M... Martensite

- P., Perlite RA., Retained austenite
- ---- Oil cooling - • - Air cooling
- 1. .. Edge or face 2. .. Core







BÖHLER W500

Tempering chart



Tempering:

Slow heating to tempering temperature immediately after hardening (time in furnace 1 hour for each 0,787 inch (20 mm) of workpiece thickness but at least 2 hours / cooling in air).

It is recommended to temper at least twice.

A third tempering cycle for the purpose of stress relieving may be advantageous.

1st tempering approx. 86°F (30°C) above maximum secondary hardness.

2nd tempering to desired working hardness. The tempering chart shows average tempered hardness values.

3rd for stress relieving at a temperature 86 to 122°F (30 to 50°C) below highest tempering temperature.

Hardening temperature: 850°C (1562°F)/oil880°C (1616°F)/air Specimen size: Ø 60 mm

Hot strength chart



heat treated 1600 N/mm²heat treated 1200 N/mm² 1. Tensile strength N/mm² 2. 0.2% proof stress N/mm² 3. Reduction of area %







BÖHLER W500

Physical Properties

Temperature (°C °F)	20 68
Density (kg/dm ³ lb/in ³)	7.8 0.28
Thermal conductivity (W/(mK) BTU/ft h °F)	36 20.8
Specific heat (kJ/kg K BTU/lb °F)	0.46 0.1099
Spec. electrical resistance (Ohm.mm ² /m 10 ⁻⁴ Ohm.inch ² /ft)	0.3 1.42
Modulus of elasticity (10 ³ N/mm ² 10 ³ ksi)	215 31.18

Thermal Expansions between 20°C |68°F and ...

Temperature (°C °F)	100 212	200 392	300 572	400 752	500 932	600 1,112	700 1,292
Thermal expansion (10 ⁻⁶ m/(mK) 10 ⁻⁶ inch/inch.°F)	12.5 6.9	13.1 7.3	13.4 7.4	13.9 7.7	14 7.8	14.3 7.9	14.5 8.1

For more information see <u>https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/</u>

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. Measurement data are laboratory values and can deviate from practical analyses. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.

voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG Mariazeller Straße 25 8605 Kapfenberg, AT T. +43/50304/20-0 E. <u>info@bohler-edelstahl.at</u> https://www.voestalpine.com/bohler-edelstahl/de/



W500 EN - 08.2023



A KÖNIG FRANKSTAHL Acélkereskedelmi Kft. árajánlata az alapanyagra.



Dunaharaszti telephely:H-2330 Dunaharaszti, Mechwart András u. 1. Telefon: +36 24 785 001Tatabányai telephely:H-2800 Tatabánya, Dankó Pista u. 17. Telefon: +36 34 512 280

AJÁNLAT

A Ö S A K a	jánlat nök hi jánlat nök re záll.h .jánlat öszönj mely a	száma : vatk. száma : dátuma : ferense : natáridő -tól: -ig: érvényesség: ük ajánlatkéré készlet erejé	3623644 Thesteel 2023-09-27 Bazán Tibor 2023-10-03 2023-09-27 2023-09-27	Vevőkód: Számlázási Bazán Tibor Mártírok ú 2194 Tura Fax: Adószám: egfelelően a köv	91.8625 cim: tja 8. vetkező ajánlatot	oldal: 1 adjuk,	L
ÜΤ	Poz	Cikkszám		Menny ME	Egységár/Áregys.	Poz.Érték	
Z	1.1	1 RD300 42CR Hengerelt kör 300 42CrMo(s)4+QT EN 10083/EN 10060, nemesített 1 DB CA 5000 mm / 6500 mm		3.208,50 KG	602 KG	1.931.517	
		Szállítási kö	iltséa:		0	0	
	beroi határ eláll A kis szüks eltér érték Köszö	yasoinatja azī időn (adott na junk a rendele zállítást köve éges hozzáadot het az itt sze től! A raklape njük megértési	. Fent tartjuk a j apon 15:00-ig) belü es visszaigazolásáto etően a tényleges mu ereplő elméleti menu ot visszaszállítása iket!	ogot, nogy az aj li rendelések es ól. ennyiség és a sz iállított végszá nyiségekkel szám esetén jóváírju	anlati setén sállításhoz mla nított uk!		
	Poz:	1	súl	y: 3.208,5 kgHl HUF-ÁFA összes HUF-Ajánlat ér	JF-27%-os értékes sen 27% : rtéke összesen	ités adóalapja: 521.510 : 2.453.027	1.931
	Az áraink csak a teljes ajánlat megrendelése esetén érvényesek. Az áru a számla teljes kiegyenlítéséig a Königfrankstahl Kft. tulajdonát képezi. Szállítási mód : Vevő érte jön DH Fizetési feltétel: Előreutalás Várjuk megrendelését!						
	Üdvöz	lettel:					
	Andre Tel: <u>a.gas</u>	a Gasparics +36 30 356 050 parics@koenigf	09 rankstahl.hu	TheStee Tel:+30 <u>thestee</u>	el ни 5 30 350 0317 el@koenigfrankstal	hl.hu	













Felső kovácsoló szerszám





Alsó kovácsoló szerszám



