

Folyatófúrás műszaki elemzése

A szerző neve: Zelles Szilárd

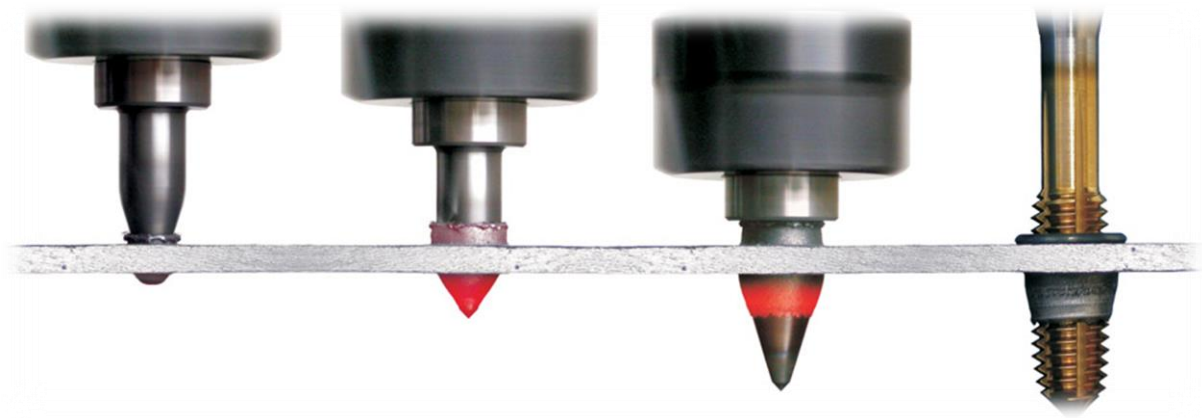
5. évfolyam, gépészmérnöki szak

Pécsi Tudományegyetem

Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

Konzulens(ek): Vönöczky András, Ny. Főiskolai Adjunktus

Zelles Zsolt, Ügyvezető Kanizsa Inox Kft.



2013.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	2
1. Történelmi háttér	4
2. Folyatófűrés	4
3. A folyatófűrés folyamata	5
3.1 A kezdeti szakasz	6
3.2 Az anyagfolyás	6
3.3 A formázás szakasza	7
4. A folyatófűró típusai	8
4.1 A 'hosszú' típus	8
4.2 A 'rövid' típus	8
4.3 A 'lapos' típus	8
4.4 A 'REM' típus	9
5. Folyatófűrés paraméterei	10
5.1 Az előtolási erő 'Fax'	10
5.2 A fordulatszám 'n'	10
5.3 A maximális anyagvastagság	12
5.4 Megmunkálási idő	12
6. Menetformázók	13
7. Kenés	14
7.1 A Flowdrill-kenése	14
7.2 A menetformázó kenése	15
8. Megmunkálható alapanyagok	15
8.1 Alkalmazási területek	15
9. Kísérletek, mechanikai vizsgálatok, mérések	15
9.1 Szakítószilárdság mérés	17
9.1.1 Első mérési alkalom	18
9.1.2 Második mérési alkalom	21
9.1.3 Harmadik mérési alkalom	24
9.2 Keménységmérés	27

9.3 Mikroszkópi szövetszerkezet vizsgálat	30
10. Folyatófűrés vagy szegecsanya (behúzóanya)	34
11. A vizsgálatok összegzése	35
12. Források	36

Bevezetés

Mindig is úgy gondoltam, hogy egy mérnök számára akár egy kis apró mechanikai szerkezet, kifinomult működése, megtervezése jelenti a legnagyobb kihívást, és ez ösztönzi leginkább a munkámat is, mert sokszor apró részleteken bukhat meg a mérnöki munka eredménye.

A TDK dolgozat témája tehát egy speciális technológiájú furat-megmunkáló szerszám bemutatása, és az által készített furat illetve, annak, menetes furatának mechanikai vizsgálata. A gépészmérnöki munka egyik alapelve szerint, az oldható kötésekkel célszerű megoldani minden olyan szerkezetet, ahol nem szükséges a hegesztett kötés.

A dolgozat ismerteti a folyatófúrást, annak fajtáit, folyamatát, a menet kialakítást, illetve a mechanikai tűrőképességeket.

Az egyetemen nagy hangsúlyt kapnak a hegesztett kötések, de sajnos az oldható kötések speciális kialakításáról keveset hallunk, illetve a szakirodalom is keveset említ róla.

Ezért nem volt kérdés, hogy a TDK dolgozat témájául mit is szeretnék bemutatni, és vizsgálni.

A dolgozat első részében a szakirodalmat jellemzem, áttekintést adok a folyatófúrásról, majd az egyetem laborjában végzet keménységvizsgálójával, illetve szakítógépével az általam készített próbatesteken a kísérleteim eredményeit mutatom be.

A dolgozat befejező része egy rövid összehasonlítás erejéig bemutatja egy másik, ehhez hasonló technológiát, és a folyatófúrás meglepő terhelhetőségét.

További tervek között szerepel a folyatófúrás maximális terhelhetőségének vizsgálata.

1. Történelmi háttér[1]

Már 1923-ban megpróbált Jean Claude de Valliere egy kis franciaországi istállóban olyan szerszámot kifejleszteni, amivel vékony acéllemezekbe a hagyományos fúrás helyett súrlódási hő segítségével lehetett volna furatot készíteni.

Bár sok kísérlet után sikeresnek bizonyult ötlete, mégis ipari hasznosításra nem került sor, mivel:

- még nem állt rendelkezésre keményfém alapanyag
- a szerszámok helyes geometriája még nem volt ismeretes
- kemény anyagok megmunkálásához még nem álltak rendelkezésre gyémánt köszörűkorongok
- még nem léteztek gépek, amelyek az időközben kifejlesztett komplikált profilt ki tudták volna köszörülni.

Még 60 évig tartott, amíg ezek a gondok megoldásra kerültek és a folyatófúrás széles tartományban sikeresen alkalmazható lett.

2. Folyatófúrás

A folyatófúrók poligon formájú köszörült keményfém szerszámok.

Relatív nagy fordulatszámmal és erővel vékonyfalú fémes munkadarabra nyomva, jól formázhatóvá teszi a keletkezett súrlódási hő az anyagot, olyannyira, hogy a folyatófúró átvezethető az anyagon.

Ezáltal egy furat keletkezik, ill. a főleg alulra távozó anyagból egy folytatott hüvely. Ezen hüvely vastagsága az eredeti anyagvastagság három - ötszöröse.

Számtalan alkalmazási terület van olyan munkadaraboknál, amelyek vékonyfalú anyagba nagy szakító szilárdságú menetet, nagyfelületű csapágyperselyt vagy tartós forrasztott - hegesztett kötést igényelnek.

A folyatófúrás technológiájának fejlesztéséig, és elterjedéséig problémát okozott vékonyfalú munkadarabok, lemezek, csövek, zártszelvények esetén a menetek, csavarkötések kialakítása. Ezt a problémát oldja meg egy csapásra a folyatófúrás.

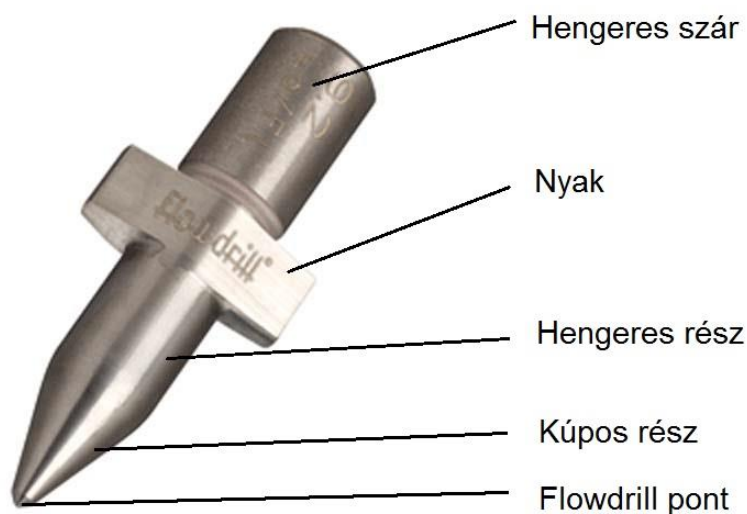
A hagyományosan elterjedt megoldások (anyák felhegesztése, szegecselhető anyák, lemezanyák, stb.) szinte mindegyike körülményesen használható, anyageltávolítással jár, ronthatja a furatpozíciót és gyengítheti a munkadarabot.

A folyatófúrás során nem eltávolítjuk az anyagot, hanem súrlódási hővel megolvasztjuk és formálhatóvá tesszük. Ebben az állapotban könnyedén kialakíthatunk a furat kimeneti oldalán egy néhány mm hosszú peremet, ahová azután egyszerűen formázhatunk menetet, vagy más alkatrészeket csatlakoztathatunk.

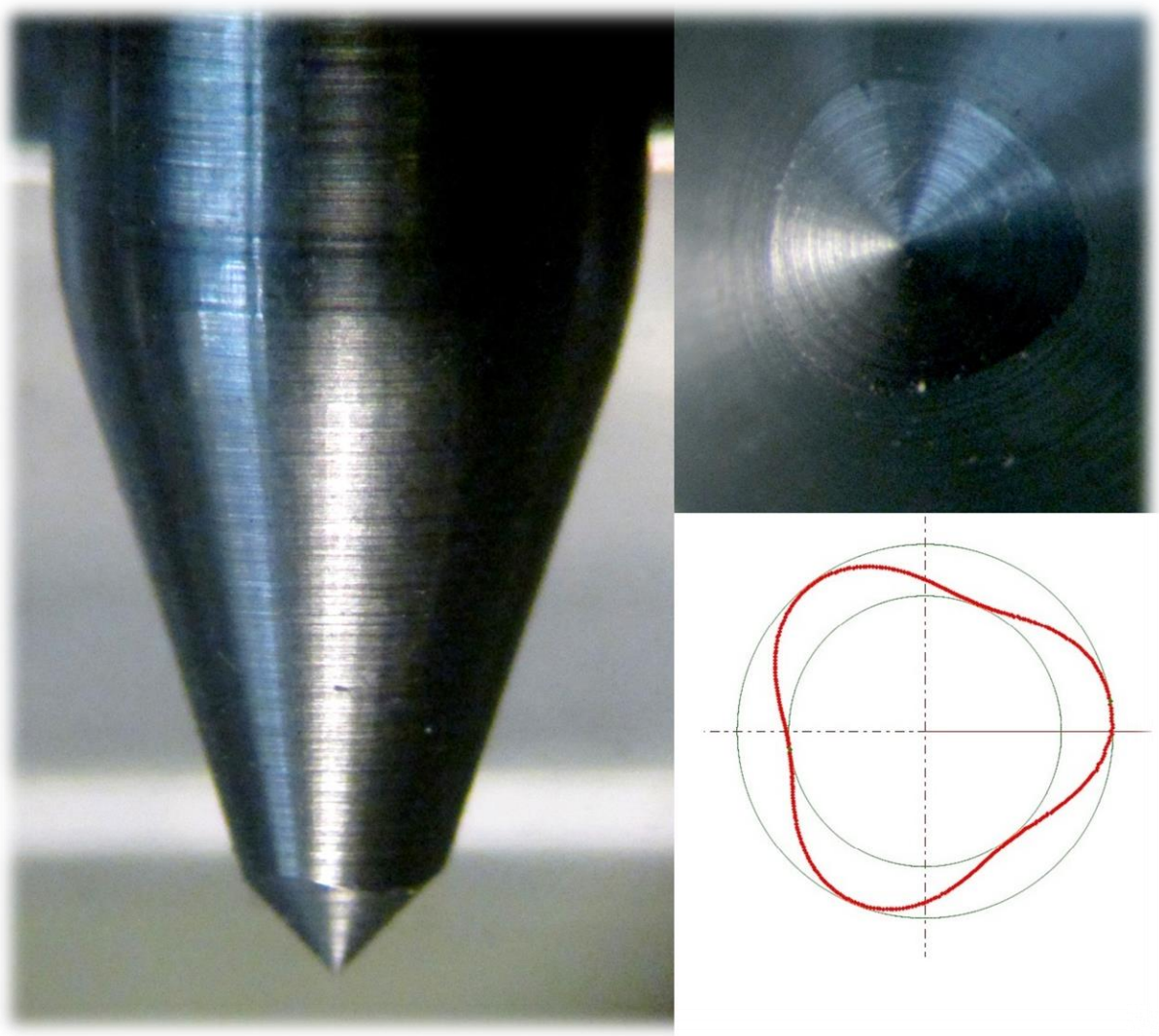
3. Folyatófúrás folyamata[1]

A folyatófúró **(3.a ábra)** súrlódó része kúpos. Ez a kúp hengeres részbe megy át. A kúpos és a hengeres rész együtt képezik a munkaterületet. A szerszám nyakrészrel folytatódik, ami a szigetelő gyűrű formázásában segít. Ezután a szerszám szára következik, azt ennek segítségével lehet befogópatronba erősíteni.

Mind a kúpos, mind a hengeres rész keresztmetszete **(3.b ábra)** poligón formát mutat, aminek a folyatófúrás folyamatában igen fontos szerepe van. A folyatófúró alapanyagául szolgáló fém, külön ezen eljárásra kifejlesztett nagy rátét ellenállású és hőmérsékleti ingadozásokat bíró keményfém.



3.a ábra Folyatófúró felépítése [3]



3.b ábra folytatófűrő kúpos része, poligon kialakítás a fúrón

3.1 Folyatófűrés kezdeti szakasza

A folyamat megkezdéséhez viszonylag magas fordulatszámra és előtolásra van szükség ahhoz, hogy a szerszám és a munkadarab között a szükséges súrlódási hő létrejöjjön.

Az előtolási erő addig növekszik, amíg a szerszám csúcsa át nem szúrja az anyagot.

Az értékeket táblázat segítségével választhatjuk ki.

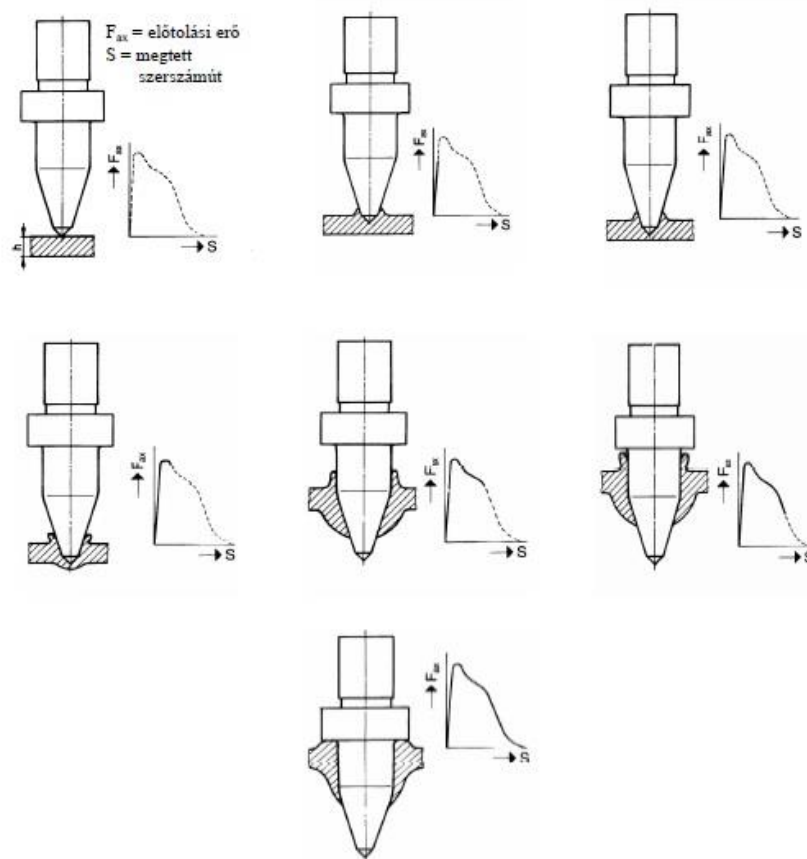
3.2 Anyagfolyás

A kiszorított anyag kezdetben az előtolás irányával ellentétesen halad. Csak amikor a szerszám csúcsa keresztül hatol az anyagon, akkor folyik a folytatófúrás előtolásának irányába. Az előtolási erő lassan csökken, miközben az előtolás sebessége nő.

3.3 A formázás szakasza (3.3 ábra)

A teljes munkarész áthatolt az anyagon. Az előtolási erő (F_{ax}) a nullához közelít. A folytatófúró nyaka az előtolás irányával ellentétesen folyt anyagot szigetelő gyűrű formájúvá formázza.

Az így megformált folytatott hüvely végleges hossza és geometriai formája a választott magfurat nagyságától és a szerszám kúpos- és hengeres részének egymáshoz viszonyított arányától függ.



3.3 ábra folytatófúrás menete, kezdeti szakasztól a formázási szakaszig[1]

4. Folyatófúró típusok[1]

Alapvetően két fő csoportot különböztetünk meg a fúrók típusai között, a hosszú (vastagabb anyagokhoz) illetve a rövid típusú fúrók (vékonyabb anyagokhoz). Ezek után választható kombinációval léteznek sorjázós és forma kialakításos folyatófúrók.

**Rövid kivitelű
formakialakítós**



**Rövid kivitelű
sorjázós**



**Hosszú kivitelű
formakialakítós**



**Hosszú kivitelű
sorjázós**



4.ábra Folyatófúró típusok [2]

4.1 Hosszú típus (4.ábra)

Itt a folyatófúró poligon csúcsához egy ugyancsak poligon hosszú, hengeres rész csatlakozik. A folyatott hüvelyek hengeresek. A munkafolyamat végén az előtolás irányával szembe folyt anyag a szerszám nyaka tömítő gyűrű alakura formálja.

4.2 Rövid típus (4.ábra)

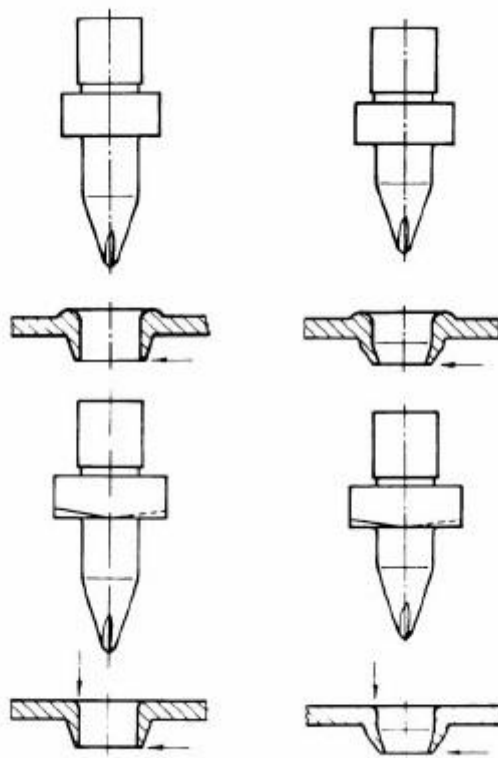
Ennél a típusnál a folyatófúró hengeres poligon része észrevehetően rövidebb, mint a 'hosszú' típusnál. Az ezzel a szerszámmal formázott hüvelyek inkább kúposak, miközben a hüvely

olyan mértékben összeszűkül, amilyen mértékben az átlukasztás anyagvastagsága csökken. Ez a forma különösen a folytatófúrást követő menetformázáshoz lett kifejlesztve. A hüvely formája azt eredményezi, hogy a menetformázó egyenletes formázómunkát tud teljesíteni. Az ilyen módon előállított menetszárok tökéletesen formázottak és nagy szakítószilárdságúak. Nagyobb anyagvastagságok esetében mégis tanácsos lehet, még az ezt követő menetformázáshoz is a 'hosszú' típust választani, mivel a 'rövid' típussal ilyenkor olyan nagy összeszűkülés képződik, hogy a menetformázó túlterheléséhez vezethet.

4.3 A „REM” típus (csúcs könnyített 4.3 ábra)

Ennél a típusnál a folytatófúró kúpos része két helyen beköszörült vágóélt kap, amelyek a csúcsban összefutnak. Ezt a típust kézi fúrógépbe lehet helyezni, mivel ez a kivitel az előtoláshoz szükséges erőket kb. az egyharmadára csökkenti.

Ezt a típust galvanikusan kezelt felületekhez is lehet használni. A felületi réteg eltávolításával az alacsony olvadási anyagok kenő hatása kiküszöbölhető. A 'REM' típust minden eddig nevezett típussal lehet kombinálni.



4.3 ábra „REM” típus kialakítása, folyamata[1]

5. A folyatófúrás paramétereit[1]

Az

- előtolási erő F_{ax}
- fordulatszám n (min-1)
- motorteljesítmény P (kW)
- maximális anyagvastagság h (mm)

lényegében a választott folyatófúró magfurat-átmérőjétől függ.

5.1 Az előtolási erő F_{ax} (5.1 ábra)

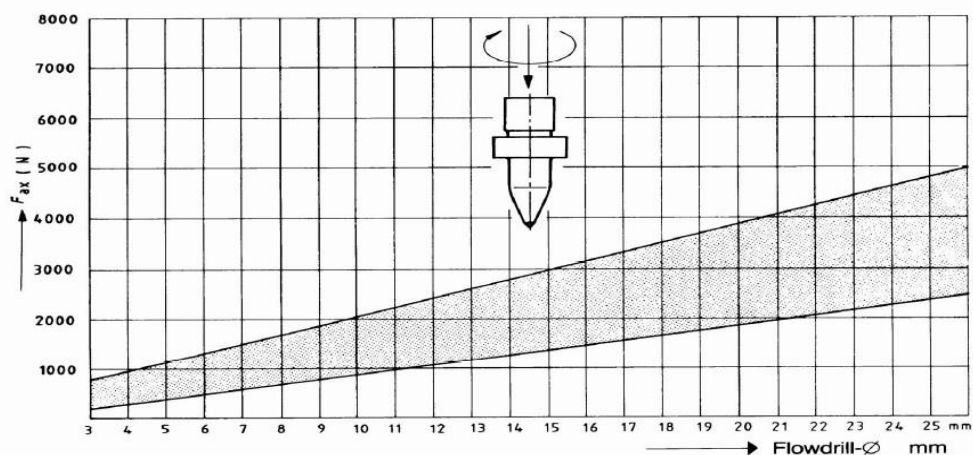
A szükséges előtolási erő arányosan változik a magfurat-átmérő változásával. A folyatófúró növekvő hőmérsékletével csökken az előtolási erő, miközben az előtolás sebessége nő.

Túl magas előtolási erők:

- gyors hőképződést eredményeznek, ezzel együtt azonban termikus feszültségeket a folyatófúróban
- a folyatófúró magas mechanikus megterhelését jelentik
- túlhevülés által az anyag szerkezetét kedvezőtlenül befolyásolják

Túl alacsony előtolási erők:

- lassabb hő felállást, ezáltal kisebb termikus feszültségeket eredményeznek
- a folyatófúró magasabb üzemi hőmérsékletét okozzák és
- túlhevülés miatt a folyatófúró csökkent élettartamát



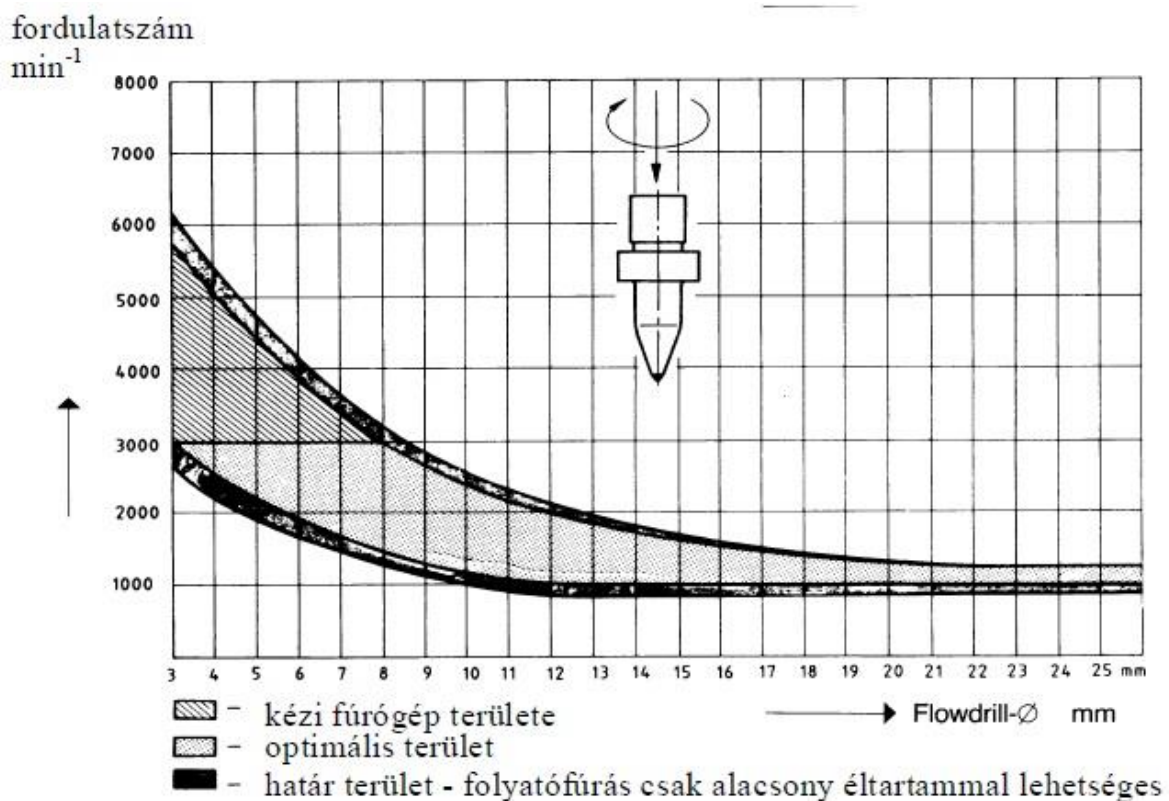
5.1 ábra előtolási erő megválasztásának diagramja[1]

5.2 Fordulatszám n (min-1) (5.2 ábra)

A fordulatszámnak a lehetséges legalacsonyabbnak kell lennie, hogy a folyatófúró élettartamát pozitívan befolyásoljuk.

Az elsősorban a magfurat átmérőjétől függő fordulatszám kiválasztását az anyagvastagság és az anyagminőség is befolyásolja. Az alsó ábra alacsony ötvözésű acélokra vonatkozik. Magas-ötvözésű ill. rozsdamentes acélokhöz alacsonyabb fordulatszám szükséges, ami a folyatófúró magasabb élettartamát eredményezi. Puha, nem vas fémeknek ezzel szemben magasabb fordulatszámra van szüksége. Általában elmondható, minél puhább a fém, annál magasabb fordulatszám választható.

Kedvezőtlenül kiválasztott fordulatszám hatásához hasonlítható a fent leírt befolyásoló tényezők fényében a rosszul kiválasztott előtolási erő.

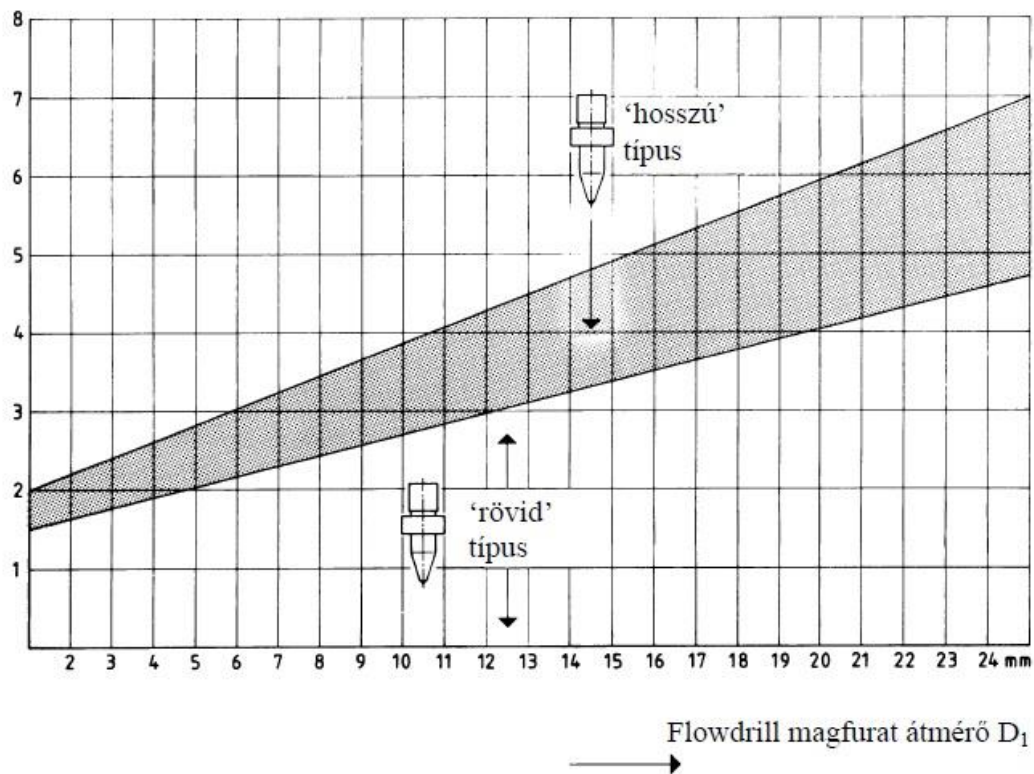


5.2 ábra fordulatszám megválasztási diagramja[1]

5.3 Maximális anyagvastagság

A munkadarab maximális anyagvastagság (h_{max}) a folyatófúró magfuratával áll arányban (5.3 ábra). Nagyobb anyagvastagságú vagy magasan ötvözött munkadarabok megmunkálása esetén a folyatófúró csökkent élettartamával lehet számolni.

anyagvastagság
mm-ben 'h'



5.3 ábra anyagvastagsághoz való folyatófúró választása

5.4 Megmunkálási idő

1 másodperc + 1 másodperc minden milliméter anyagvastagsághoz megadják a megmunkálás maximális idejét. Ez a szabály 12 mm-es magfurat átmérőig igaz. Nagyobb átmérőkhöz több időre van szükség, a 10 másodpercet azonban így sem haladhatja meg.

6. Menetformázók [1]

A folyatófúrás legelterjedtebb alkalmazása vékonyfalú csövekbe és lemezekbe menet alá magfurat készítése. Természetesen a menet hagyományos menetfúróval is elkészíthető, mégis ajánlott a folyatófúrás után a menet menetformázóval **(6.ábra)** történő hidegformázása, mivel menetfúráskor a forgácsolással az anyagot elvékonyítjuk, viszont menetformázáskor a keletkező menetek szakítószilárdsága megfelelő lesz.

A menetformázás hasonlít a folyatófúráshoz, azonban lényegesen alacsonyabb üzemi hőmérsékleten történik.

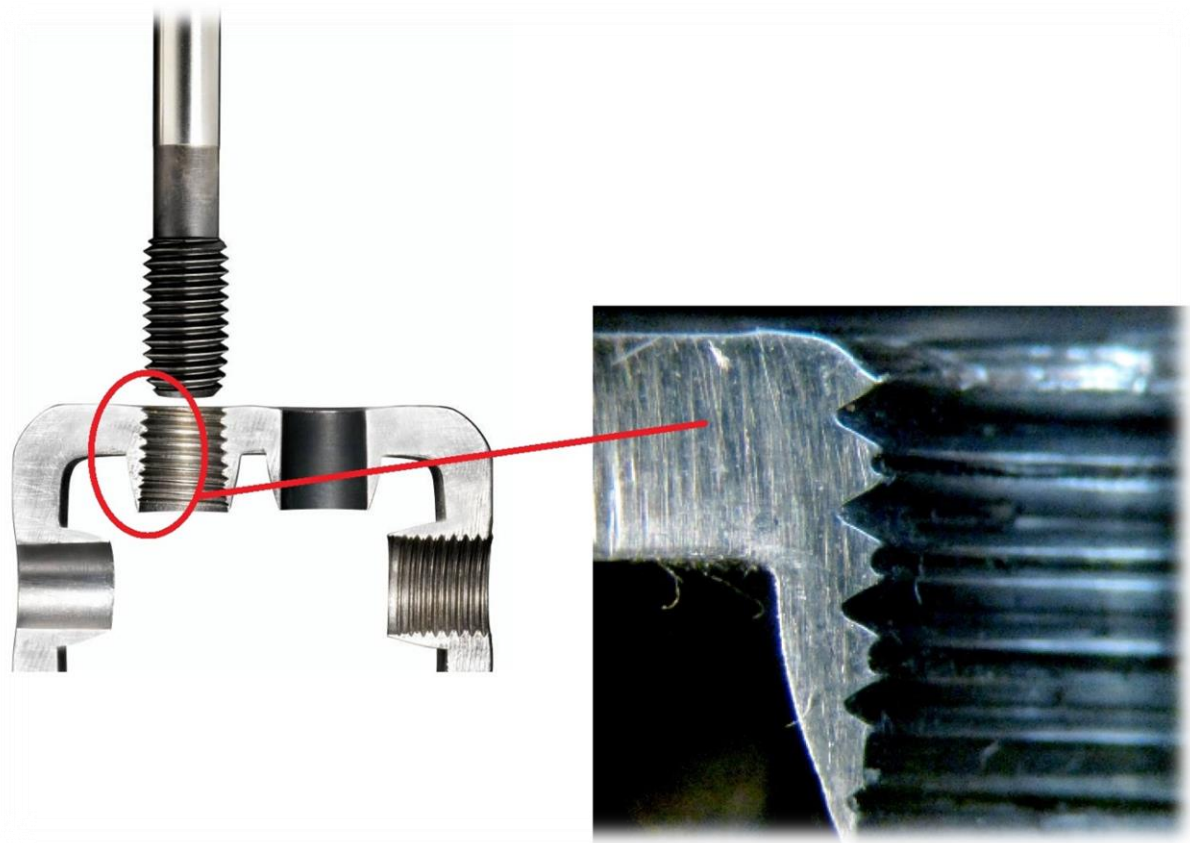
A folyatófúró magfurat átmérője meghatározza a készítendő menet mélységét és ezzel a menet szakítószilárdságát is. Az ismertető végén található táblázatok adják meg a kívánt menet elkészítéséhez szükséges folyatófúró átmérőket.

A formázott menet előnyei a hagyományos forgácsolással készült menetekkel szemben:

- nincs idegen anyag
- a teljes anyagmennyiség megmarad, nincs anyagmennyiség csökkenésből eredő gyengülés
- megszakítatlan anyagszerkezet
- hideg mángorlás miatt lényegesen nagyobb szakítószilárdság
- lényegesen magasabb vágási sebesség, ezáltal termelékenység növekedés
- nincs rossz menetvágásból eredő rossz menet
- a szerszámok igen nagy élettartama, ami könnyen automatizálhatóvá teszi az eljárást
- minden eddigi menetvágó felszereléssel használható



6.ábra menetformázók[2]



Menetkialakítás[2]

Menet alakja

7. Kenés[1]

7.1 Folyatófúró kenése

A folyatófúrás számára speciális kenőanyagot fejlesztettek ki, ami szabályos időközönként, vékony film formájában felhordandó. Különösen ajánlott a súrlódó csúcs és kúpos rész közötti átmenetet és a szerszám hengeres részét kenni.

A kenés hatásai:

- a folyatófúró alacsonyabb munkahőmérséklete, ezáltal magasabb élettartam
- megakadályozza az anyag felrakódását a folyatófúróra
- a folyatott hüvely magasabb felületi minősége
- szépen formázott perem

7.2 Menetformázó kenése

Hidegalakításnál a nagy formázó erők miatt magas súrlódási hő keletkezik. Ezért jó minőségű és minden munkafolyamatnál alkalmazandó kenőanyagra van szükség. A szükséges forgatónyomaték így jelentősen kisebb lesz, ami a szerszám élettartamát kedvezően befolyásolja. A formázott menet felületi minősége is lényegesen jobb.

Ajánlott kenőanyag:

acél, nemes acél, vörösréz	FDKS (paszta)
	FDKSF (folyadék)
sárgaréz	FDMS (paszta)
menetformázó olaj	FTMA

8. Megmunkálható anyagok[1]

Általánosan elmondható, hogy minden hosszúforgácsú anyagon végezhető folyatófűrés. Így csaknem minden vékonyfalú hegeszthető, ötvözött vagy ötvözetlen acél, alumínium ötvözetek, réz, bronz, mágnesanyagok és egyedi ötvözetek folyatófűrésre alkalmasak. Alapvetően minden anyagba, amin folyatófűrés végezhető, menetformázóval lehet menetet formázni. A formázhatóság az anyagtágulási képességeivel nő.

Jól formálhatók:

- Ötvözött és ötvözetlen acélok (rozsdamentesek és savállóak is) egészen kb. 700 N/mm² szakítószilárdságig.
- Nem vas fémek (rideg fémek kivételével, mint pl.: CuZn40Pb2).
- Olyan könnyűfémek, amelyek Si tartalma nem nagyobb 5%-nál.
- Szükséges esetekben a Flowdrill cég egy anyag formázhatóságának megállapításához kísérleteket végez.

8.1 Alkalmazási területek

- belső építészeti, korlátok, fogasok, kapaszkodók
- rézcső csatlakozások
- autóipar

- épületgépészet
- perselyek kialakítása



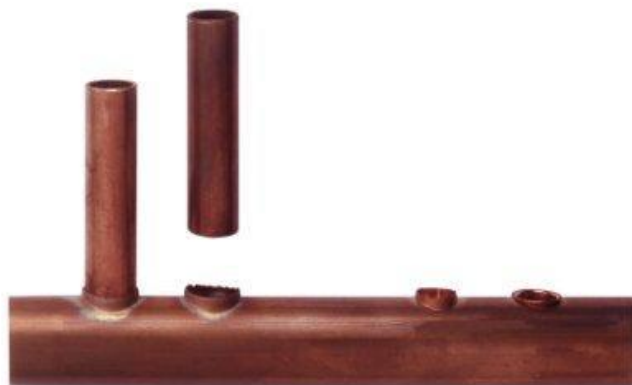
Persely kialakítások[2]



Csatlakozó felületek[2]



Állítható lábak[2]



Rézcső csatlakozások[2]

9. Kísérletek, mechanikai vizsgálatok, mérések

A mechanikai vizsgálatokat szakítógéppel és keménységmérő géppel történt, hogy megtudjuk mekkora terhelésnek lehet kitenni a folyatófúrással készült menetek. A vizsgálatok bemutatásához két fajta anyagot rozsdamentes acél (1.4301, KO33) és szerkezeti acél (S235)

40x40x3-as zártszelvény próbatestet használtunk, melyekbe Ø8 furatot fúrtunk majd M8-as mentet mángoltunk.

A próbatesteken lévő M8-as furattal szemben lévő oldalán egy felhegesztett befogócsapot helyeztünk el, az M8-as furatba pedig egy esztergált M8-as csapot csavartunk.

9.1 Szakítószilárdság mérése

Szakítógép típusa: SZ 10-T

Mérési határ: 100KN

Környezeti hőmérséklet: 20 °C +/-2 °C

9.1.1 Első mérési alkalom

A csapok anyagát tekintve szerkezeti acél (S235) Ø 7,8 mm. **(9.1.1 a ábra)**

A csapok anyagának minimális szakítószilárdsága: **23624,7 N**

Az első mérés alkalmával a próbatestek **(9.1.1 b ábra)** 40mm széles zártszelvényekből készültek.

Próbatestek:

- 40x40x40 szerkezeti acél próbatest (S235)
- 40x40x40 szerkezeti acél próbatest (S235)
- 40x40x40 rozsdamentes próbatest (1.4301, KO33)
- 40x40x40 rozsdamentes próbatest (1.4301, KO33)



9.1.1 a ábra menetes csap (S235) kialakítása



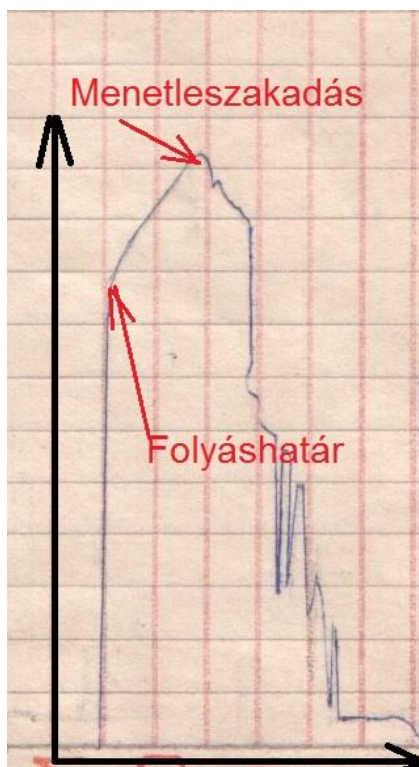
9.1.1 b ábra próbadarabok kialakítása

Értékelés:

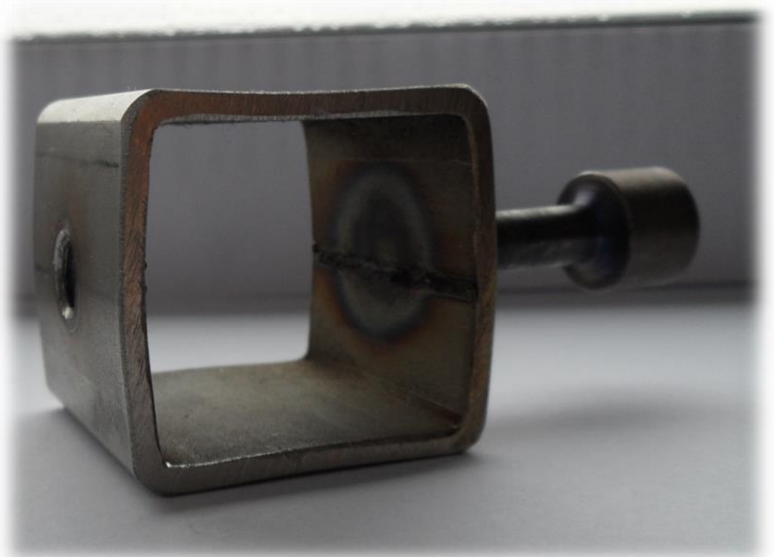
- Az **első mérést** rozsdamentes acél (1.4301, KO33) próbatesten végeztük, 10000 N méréshatárral. A mérés sikertelen volt, a menetes csap nem szakadt ki a helyéről.
Deformáció jelent meg a zártszelvényen, oldalanként +/- 1 mm behorpadás, illetve megnyúlás.
- A **második mérést** szintén rozsdamentes (1.4301, KO33) próbatesten végeztük. A terhelést 25000N mérés határig emeltük. A mérés sikeres volt a menetes csap kiszakadt a helyéről.
Deformáció ismételten jelen volt, arányosan oldalanként 1,5-2mm.
Mért kiszakadási erő: **14800N**
A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet ép maradt.
- A **harmadik mérést** szerkezeti acél (S235) próbatesten végeztük. A terhelést 25000N mérés határig emeltük. A mérés sikeres volt a menetes csap kiszakadt a helyéről.
Deformáció ismételten jelen volt, arányosan oldalanként 2,5-3mm.
Mért kiszakadási erő: **12850N**
A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet ép maradt.
- A **negyedik mérést** szintén szerkezeti acél (S235) próbatesten végeztük. A terhelést 25000N mérés határig emeltük. A mérés sikeres volt a menetes csap kiszakadt a helyéről.
Deformáció ismételten jelen volt, arányosan oldalanként 2,5-3mm.
Mért kiszakadási erő: **12000N**
A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet ép maradt.



Szakítás utáni állapot



Folyásgörbe



Szakítás utáni állapot



Elnyírt menetes csap

9.1.2 Második mérési alkalom

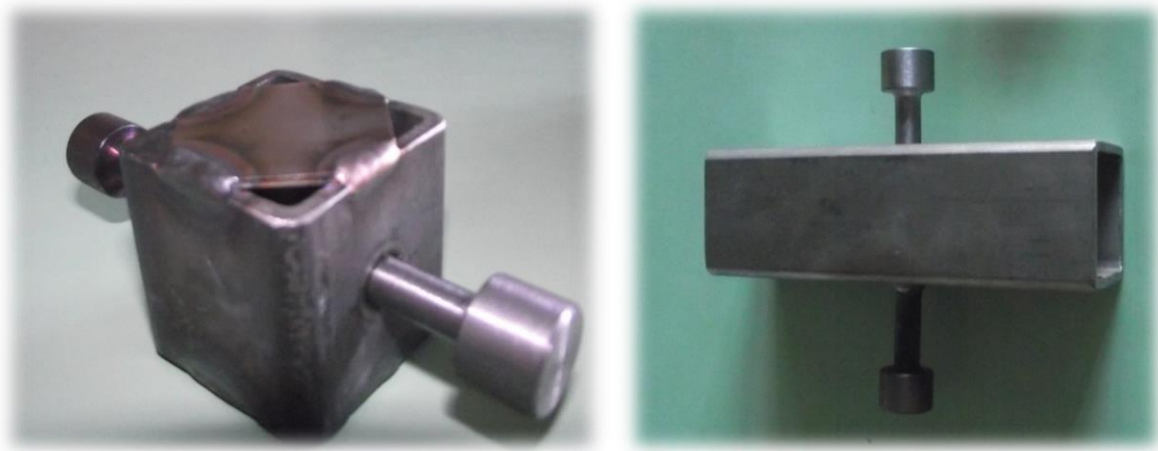
Az első mérési hibákat kiértékelve, a második mérési alkalommal szinten 40x40x3-as zártszelvényből készültek a próbatestek, de egy-egy lefenekelt 40mm-es rozsdamentes és szerkezeti acél próbatest, illetve egy-egy 120mm-es nem fenekelt rozsdamentes és szerkezeti acél próbatest, kiküszöbölve a deformációt, és a hibás méréseket.

A csapok anyagát tekintve szerkezeti acél (S235) Ø 7,8 mm.

A csapok anyagának minimális szakítószilárdsága: **23624,7 N**

Próbatestek:

- 40x40x120 szerkezeti acél próbatest (S235)
- 40x40x120 rozsdamentes próbatest (1.4301, KO33)
- 40x40x40 rozsdamentes fenekelt próbatest (1.4301, KO33)
- 40x40x40 szerkezeti acél feneket próbatest (S235)



Próbatestek kialakítása

Értékelés:

- Az **első mérést** fenekelt rozsdamentes acél (1.4301, KO33) próbatesten végeztük, 25000 N méréshatárral. A mérés sikeres volt, a menetes csap kiszakadt a helyéről. A deformáció minimális volt, a furat környékén a zártszelvényen kipúposodást figyelhettünk meg.

Mért kiszakadási erő: **14000N**

A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.

A folytatófúróval készített menet ép maradt.
- A **második mérést** szintén rozsdamentes (1.4301, KO33) 120mm hosszú próbatesten végeztük. A terhelést 25000N mérés határig emeltük. A mérés sikeres volt a menetes csap kiszakadt a helyéről.

Deformáció nem jelent meg.

Mért kiszakadási erő: **14550N**

A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.

A folytatófúróval készített menet ép maradt.
- A **harmadik mérést** szerkezeti acél (S235) fenekelt próbatesten végeztük. A terhelést 25000N mérés határig emeltük. A mérés sikeres volt a menetes csap kiszakadt a helyéről.

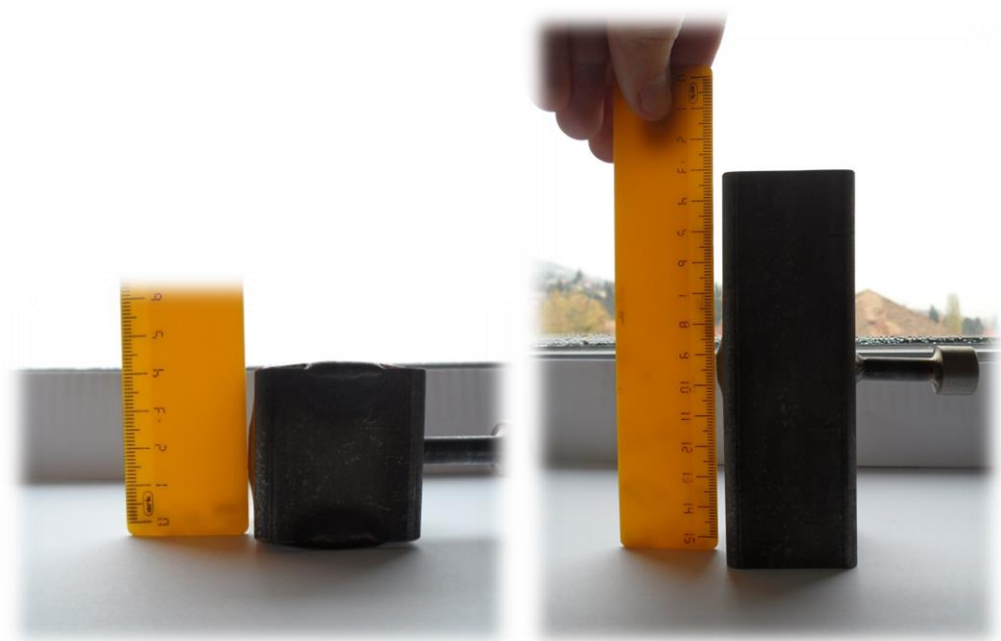
Deformáció ismételten jelen volt, a furat környékén a zártszelvényen kipúposodást figyelhattunk meg.

Mért kiszakadási erő: **12350N**

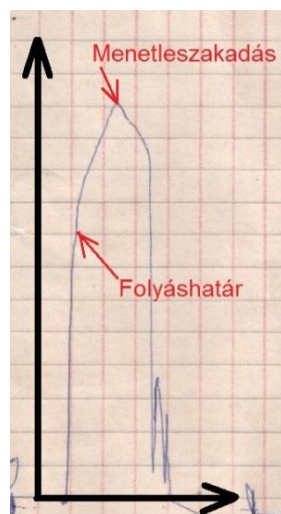
A menetes csap károsodott, a menet teljesen elnyíródott.

A folyatófúróval készített menet ép maradt.

- A **negyedik mérést** nem végeztük el mert méréseink rámutattak arra, hogy ha erősebb anyagból készült mentes csappal dolgozunk, vagy csavarral a kiszakadási erő nagy valószínűséggel nagyobb lesz.



Szakítás utáni állapot, deformáció a furat körül



Folyás görbe



Elnyírt menetes csap

9.1.3 Harmadik mérési alkalom

Az előző két mérésből levontuk a konzekvenciát és rájöttünk, hogy a korábbi méréseknél a menetes csapok túl gyengének bizonyultak, ezért M8-as 10.9-es edzett hatlapfejű csavarokat használtunk a mérések során.

A csavarok anyagát tekintve M8-as hőkezelt acélsavarak.

A 10.9-es hatlapfejű csavar minimális szakítószilárdsága: **52276,1 N**

Próbatestek:

- 40x40x120 szerkezeti acél próbatest (S235)
- 40x40x120 rozsdamentes próbatest (1.4301, KO33) (már megszakított próbatest)
- 40x40x40 rozsdamentes fenekelt próbatest (1.4301, KO33) (már megszakított próbatest)



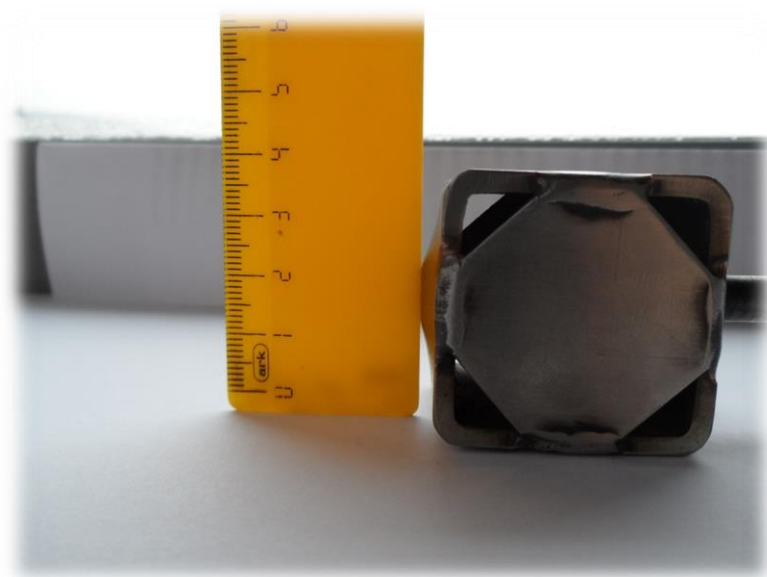
Próbatestek kialakítása



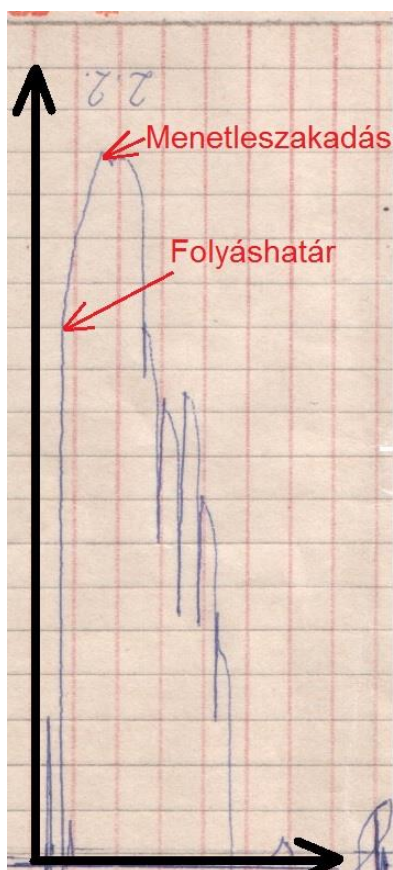
M8-as 10.9-es hatlapfejű csavar

Értékelés:

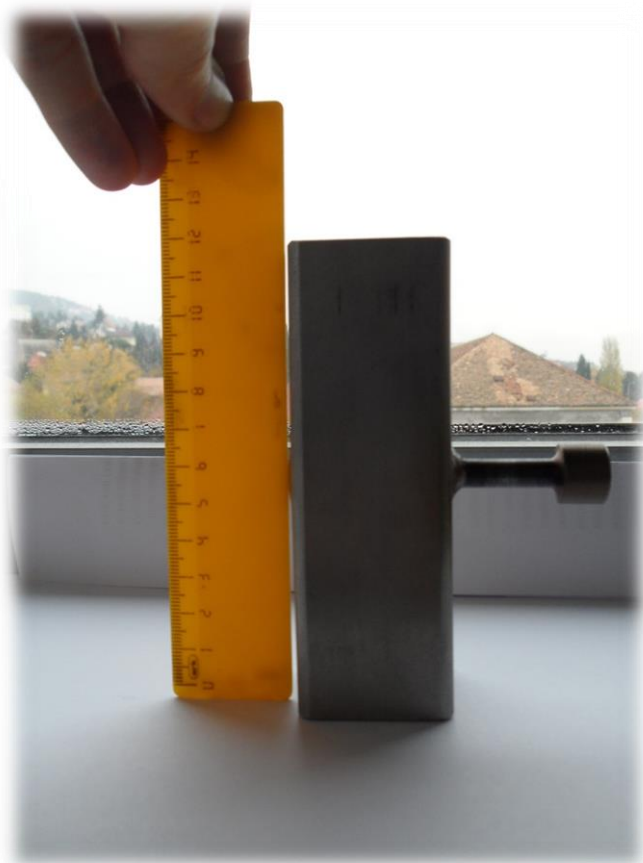
- Az **első mérést** már megszakított 120 mm hosszú kivitelű rozsdamentes acél (1.4301, KO33) próbatesten, 25000 N méréshatárral, és új M8-as hatlapfejű 10.9-es csavarral végeztük. A mérés sikeres volt, az M8-as 10.9-es csavar kiszakadt a helyéről.
Deformáció jelent meg a zártszelvényen, a furat környéke kipúposodott.
Mért kiszakadási erő: **19800N**
Az M8-as csavar károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet is kis mértékben sérült deformálódott.
- Az **második mérést** már megszakított fenekelt 40mm hosszú rozsdamentes acél (1.4301, KO33) próbatesten, 25000 N méréshatárral, és új M8-as hatlapfejű 10.9-es csavarral végeztük. A mérés sikeres volt, az M8-as 10.9-es csavar kiszakadt a furatból.
Deformáció jelent meg a zártszelvényen, a furat környéke kipúposodott.
Mért kiszakadási erő: **20200N**
Az M8-as csavar károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet is. kis mértékben sérült deformálódott.
- A **harmadik mérést** szerkezeti acél hosszú kivitelű (S235) próbatesten végeztük. A mérés sikeres volt az M8-as 10.9-es csavar kiszakadt a furatból.
Deformáció ismételtelen jelen volt, arányosan oldalanként 2,5-3mm.
Mért kiszakadási erő: **16500N**
Az M8-as csavar károsodott, a menet teljesen elnyíródott.
A folyatófúróval készített menet is, kis mértékben sérült deformálódott.



Deformáció a furat körül



Folyásgörbe



Szakítás utáni állapot, deformáció a furat körül



Elnyírt 10.9-es csavar

9.2 Keménységvizsgálat

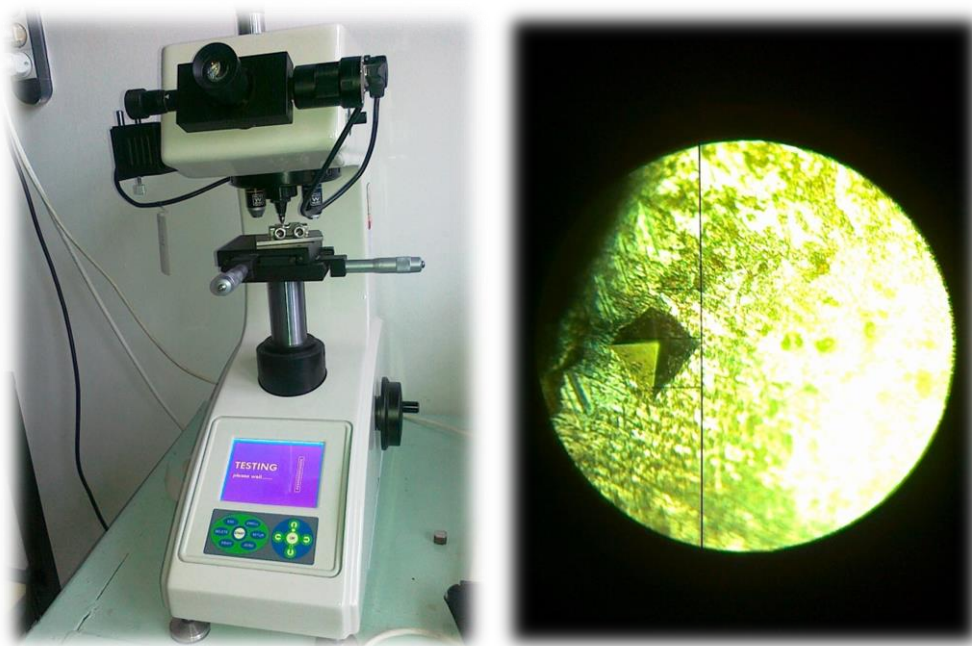
A keménységvizsgálattal szeretnék rámutatni arra, hogy a folytatófűrés okozta hőbevitel, milyen szövetszerkezeti változásokat okozott az alkatrészekbe, edződés vagy a szövetszerkezet változás okozta felkeményedés.

A vizsgált alkatrész S235 szerkezeti acél próbatestből kimetszett darab, az általam készített befogókészülékbe befogatva.

A mérést a gépszerkezettan tanszék mérőlaborjába végeztük el különböző keménységmérő gépekkel, HRC (120°-os gyémánt kúp, 150 kp-os terheléssel), HRA (120°-os gyémánt kúp, 60 kp-os terheléssel) Rockwell keménységmérő gépekkel, de a vékony falvastagság miatt a HV Micro Vickers keménységmérő gép (9.2-es ábra) tűnt a legjobb választásnak.

A mérések rámutattak arra, hogy a folyatófűrés hő zónájába valamilyen szövetszerkezet változás történt, feltehetőleg szemcsefinomodás, illetve a kifolyatott hüvely szövetszerkezete is átrendeződött finomszemcsés ferrit, perlites szövetszerkezetté.

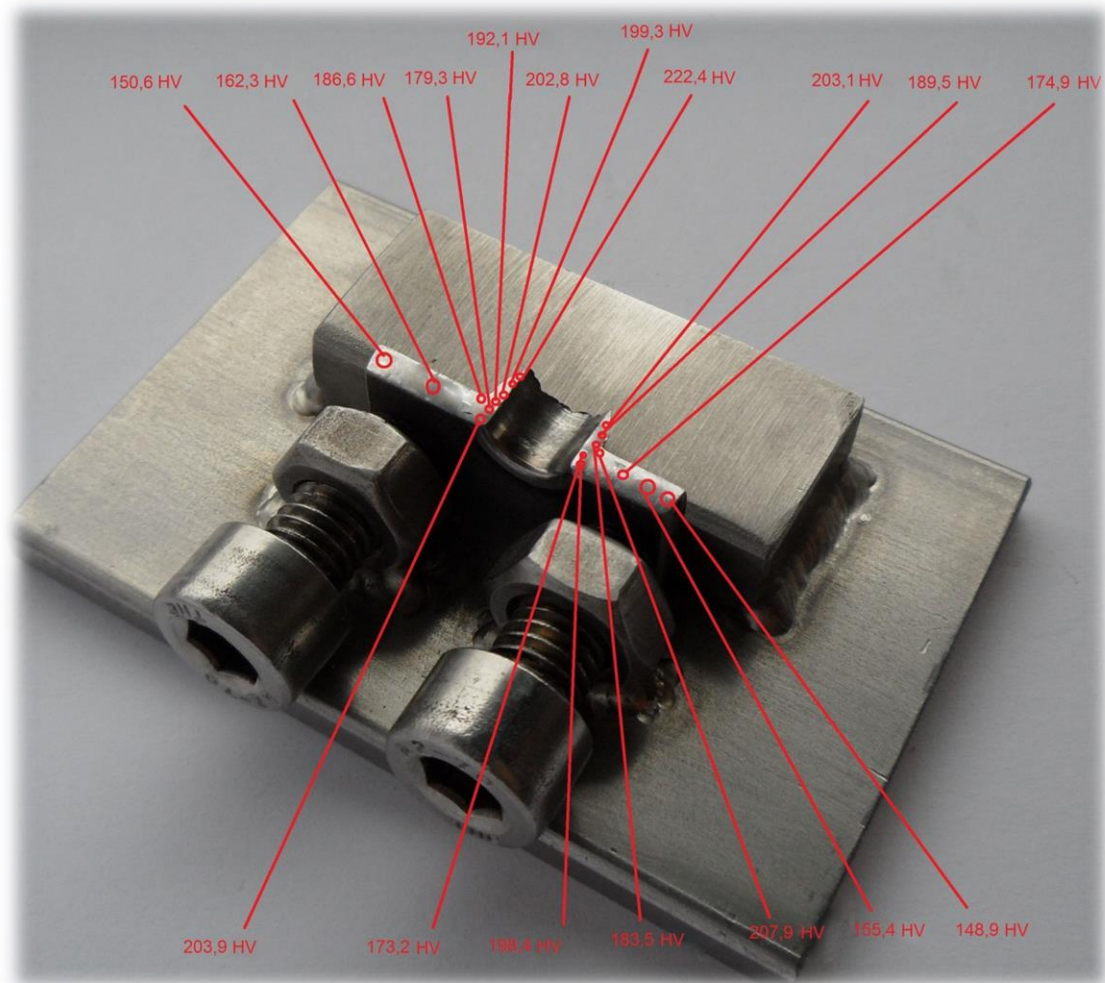
A keménységméréssel ahogy haladunk a kifolyatott hüvely felé, egyenletesen növekszik a keménység a szövetszerkezet változás okozta felkeményedés miatt. A mérések helyét és értékeit a következő (9.2.2.-es ábra) mutatja.



9.2-es ábra Micro Vickers, és a lenyomata

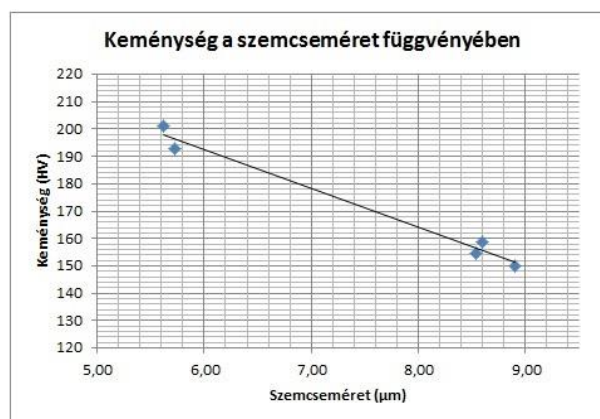
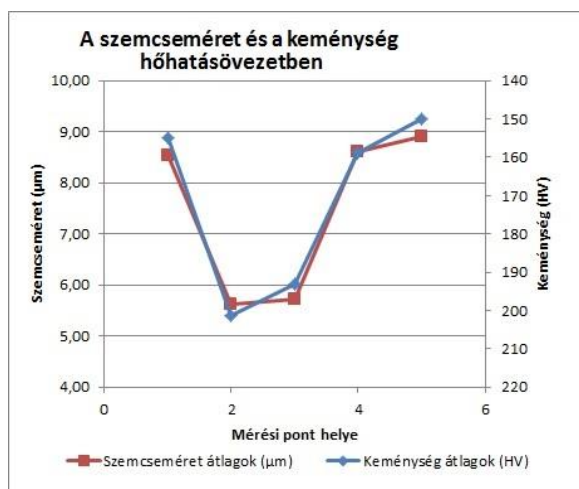


9.2.2.-es ábra mért értékek



9.2.2. ábra befogókészülékbe fogott próbadarab, és a mért értékek

A szövetszerkezet változás következtében, ahogy kisebb, finomabb szemcsék jelennek meg a szövetszerkezetben a keménység is növekszik. A következő két ábra is mutatja **(9.2.3. ábra)**.
 [4] Átlagosan 35 %-os keménységnövekedés tapasztalható a normál S235-ös acélhoz képest.



9.2.3. ábra keménység növekedése a szövetszerkezet változásában[4]

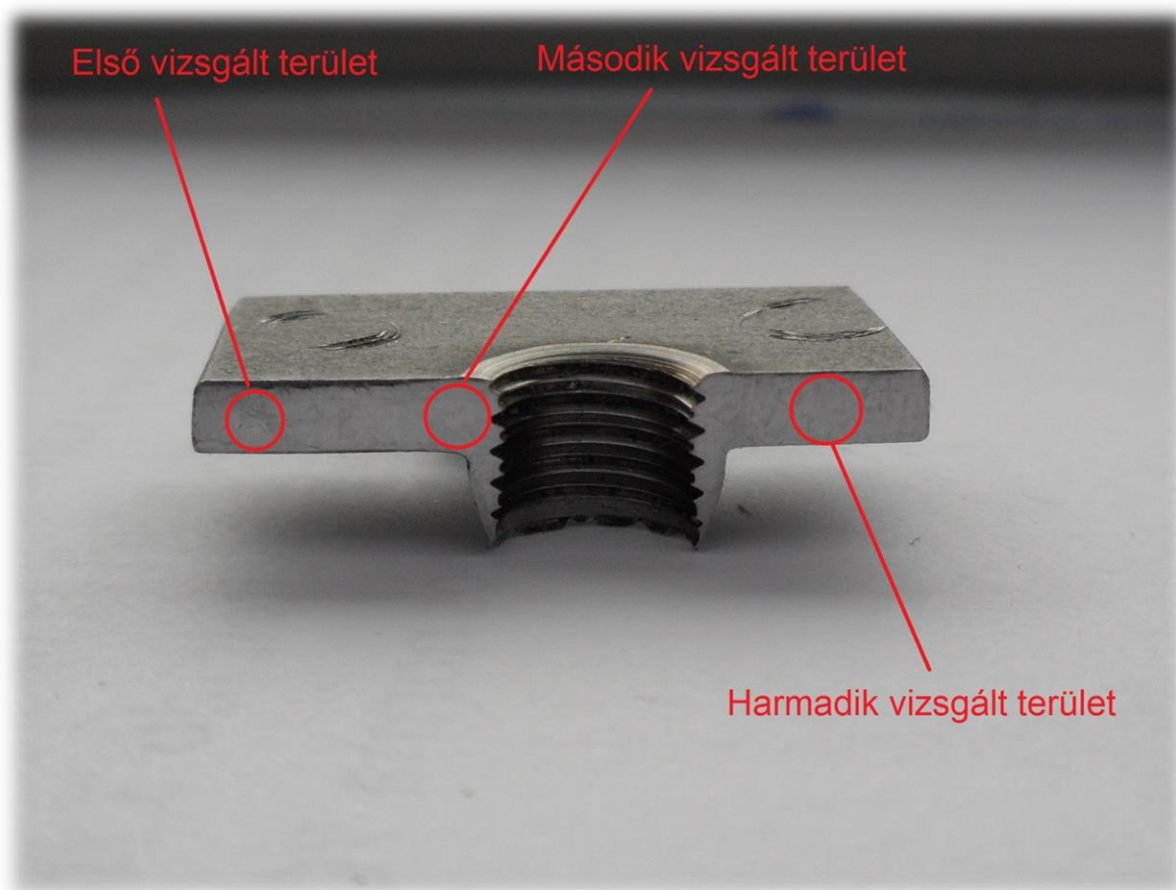
9.3 Mikroszkópi szövetszerkezet vizsgálat

Fémek, ötvözetek szövetszerkezetének metallográfiáját, mikroszkópi vizsgálatokkal tudjuk vizsgálni. A próbadarabok előkészítése a méréshez több lépésben történt.

A vizsgálat helyének és csiszolat síkjának kiválasztása után a próbadarab **(9.3 ábra)** kivétele történt fűrészgéppel, majd egy általam készített befogó szerkezetbe be lett fogva.

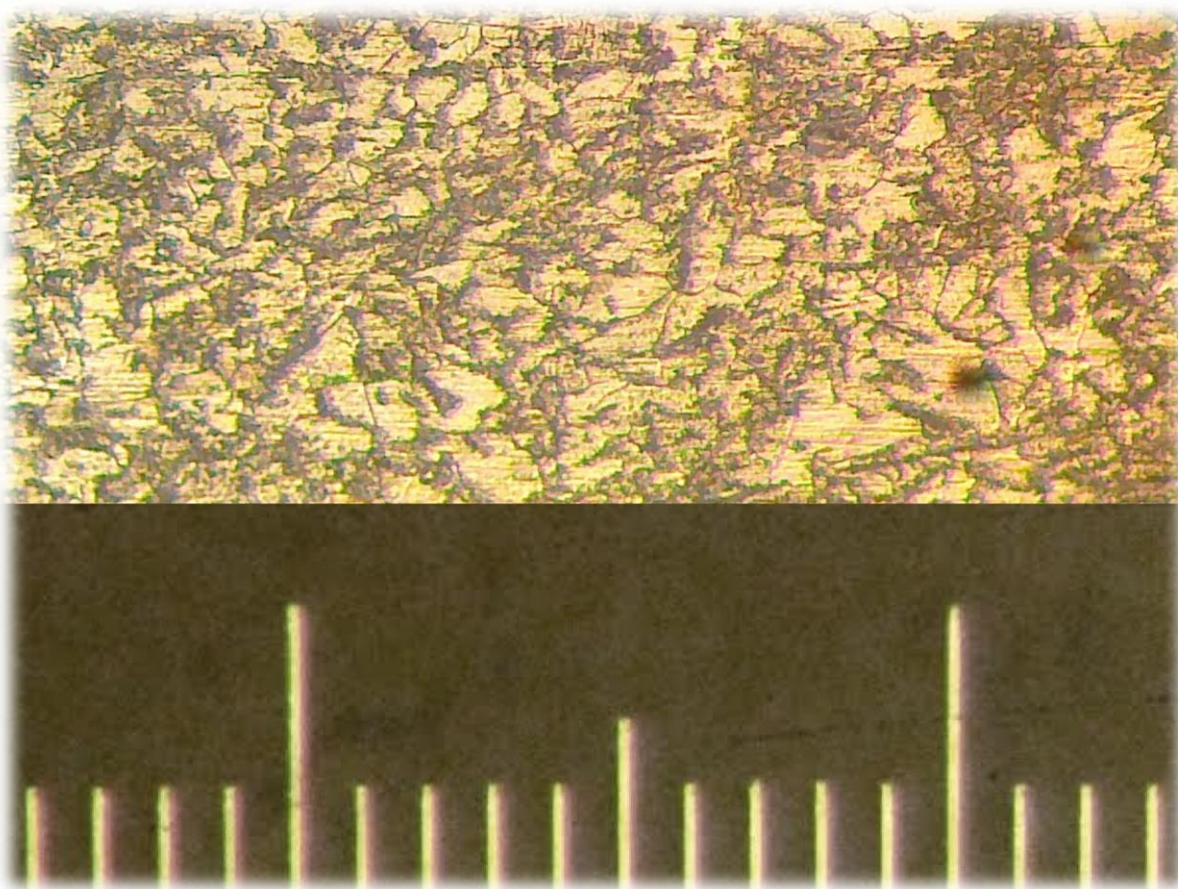
Ezután a próbadarab mérendő felülete több lépésben fel lett csiszolva, durva csiszoló szalagtól kezdve az egyre finomabb csiszolóvászonig. Ezt követően a felület polírozása következett.

A következő előkészítési fázisban a szövetszerkezet részleteit: a szemcsehatárokat, az egyes fázisokat maratással tettük láthatóvá. A krisztallitok határai gyorsabban és jobban maródnak, ezért a határok, vonalak formájában válnak láthatóvá.



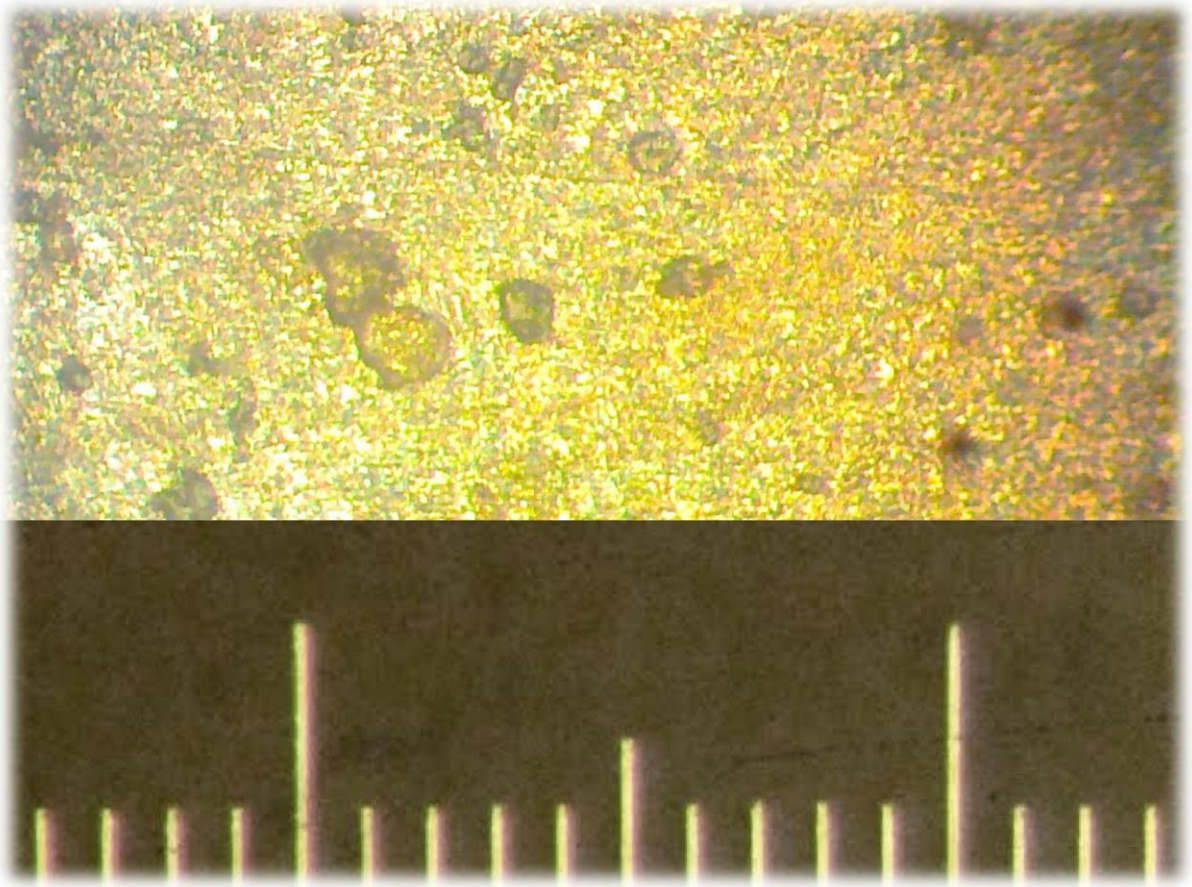
9.3 ábra a mikroszkópi vizsgálatok helye

Az eredeti szövetszerkezeti kép (Első vizsgált terület, **9.3.1 ábra**), egy (S235) szerkezeti acél, ferrit (világos rész), perlites (sötét rész) durva szemcsés szövetszerkezeti kép, ahol jól kivehetőek a szemcsehatárok, és a fázisok. A mikroszkópi kép 300x-os nagyítás, a nóniusz század pontosságú.



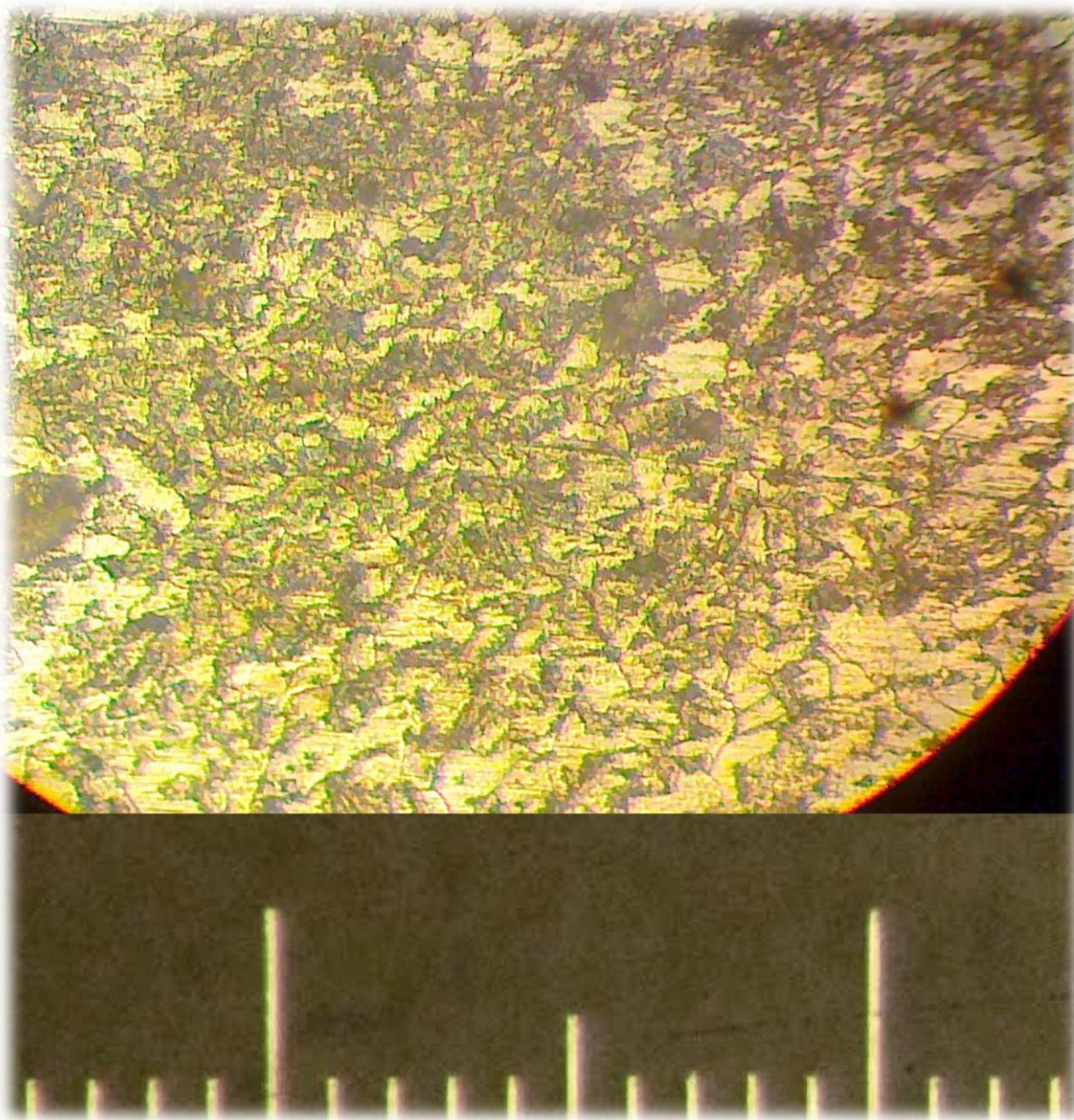
9.3.1 ábra ferrit perlites szövetszerkezet

A módosult szövetszerkezeti kép (Második vizsgált terület, **9.3.2 ábra**), ahol a szemcsehatárok már nem kivehetőek. A szövetszerkezet aprószemcsés, nagyobb fekete szennyeződések jelentek meg. Ez a szövetszerkezet, A3 fölött alakul ki (800-900 C °), illetve jelen helyzetben, a hőmérséklet és az anyagtömörödés okozta a változást. Ez a szövetszerkezet, nagy szilárdságú, keménységű szövetszerkezet. A mikroszkópi kép 300x-os nagyítás, a nóniusz század pontosságú.



9.3.2 ábra finomszemcsés szövetszerkezet

Átmeneti szövetszerkezeti kép (Harmadik vizsgált terület **9.3.3 ábra**), ez a hőhatás övezet szélé. A vizsgált területen látható, hogy a teljes szövetszerkezeti változás itt már nem teljesen valósult meg. Láthatóak a ferrit, perlites szövetszerkezeti kép, illetve a félig átalakult szerkezet. A mikroszkópi kép 300x-os nagyítás, a nóniusz század pontosságú.



9.3.3 ábra hőhatás övezet melletti szövetszerkezeti kép

10. Folyatófűrés vagy szegecsanya (behúzóanya)

Egy rövid összehasonlítás erejéig szeretnék bemutatni egy ehhez hasonló technológiát szegecsanyát (**10.ábra**), amit többek előszeretettel használnak az iparban, és érvelni a folyatófűrés mellett.

A folyatófűrés technológiájának kifejlesztéséig, és elterjedéséig problémát okozott vékonyfalú munkadarabok, lemezek, csövek, zártszelvények esetén a menetek, csavarkötések kialakítása. Ezt a problémát oldja meg egy csapásra a folyatófűrés.

A hagyományosan elterjedt megoldások (anyák felhegesztése, szegecselhető anyák, lemezanyák, stb.) szinte mindegyike körülményesen használható, anyageltávolítással jár, ronthatja a furatpozíciót és gyengítheti a munkadarabot.



10.ábra szegecsanya[3]

A folyatófűrés ezzel szemben anyageltávolítás nélkül, az alkatrész saját anyagából állítja elő a furatot, illetve később a menetet. Gyorsan előállítható furatok felveszik a versenyt a manapság elterjed bármelyik előbb említett eljárással, sőt kifáradásra, menetkiszakadásra minden bizonnyal jobban teljesítenek.

A szegecsanyák nagy hátránya a többszöri használat utáni, kilazulás elforgás veszély, ezzel szemben a folyatófűrésszel készült menetek sose lazulnak ki.

11. A vizsgálatok összegzése

Kutatásaim eredményei alátámasztják azt a tényt, hogy a folyatófúrással majd menetformázással készült menetes furatok jóval nagyobb a szakítószilárdságuk, teherbírásuk az elvártnál. A mérések is ezt igazolják, de több kísérleti alkalom kell, ahhoz, hogy ténylegesen alátámasszák ezt a tényt. Ez jó kiindulópontként szolgál a további kísérletekhez, mind azon oknál fogva, hogy a szakirodalom is kevésbé foglalkozik ezzel a témával.

A kutatások rámutattak arra, hogy a különleges menetkialakítás miatt a folyatófúrással készült belső menet tovább bírja a terhelést, mint egy normál menetes furat.

További mérésekkel megtudhatnánk a maximális terhelhetőséget és más különböző anyagoknál történő szövetszerkezet változásokat.

Kelt: Pécs, 2013. 11. 22.

Zelles Szilárd

12. Források

- [1] <http://www.folyatofuras.hu/>
- [2] <http://flowdrill.com/>
- [3] <http://www.peters2000.hu/szegecsanyak-acer>
- [4] http://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/26816/18_FMTU2013_SzilagyiGabor,Kovacs-CoskunTunde,PinkePeter_383-386old.pdf?sequence=1