

Menetkészítési eljárások összehasonlító vizsgálata

Comparative study of threading procedures

BOGNÁR Adrián¹, KÓNYA Gábor¹, SZABÓ Norbert¹, MISKOLCZI István¹

¹Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Gyártástechnológia kutatócsoport, Izsáki út 10., H-6000 Kecskemét, Hungary

Abstract

In this scientific work, the author has carried out comparative tests on test specimens with internal threads made with thread former and thread tapping tool. The experiments also investigated the effect of pre-drilled hole reaming on thread forming. The comparison was concluded with a tensile test. The results showed that reaming had a positive effect on core diameter and that threading was a process-safe technology.

Keywords: thread forming, tensile testing, heat treatment, deformation, reaming

Kivonat

E tudományos munka során a szerző összehasonlító vizsgálatokat végzett menetformázóval és menetfúróval készült, belső menettel ellátott próbatesteken. A kísérletek során vizsgálta továbbá az előfurat dörzsárazásának hatását a menetformázásra. Az összehasonlítást szakítóvizsgálattal zárta. A kapott eredmények alapján a dörzsárazás pozitívan hatott a magméretre, emellett menetfúrás is folyamatbiztos technológiának bizonyult.

Kulcsszavak: menetformázás, szakítóvizsgálat, hőkezelés, deformáció, dörzsárazás

1. A KÍSÉRLET BEMUTATÁSA

1.1. A vizsgált próbatest

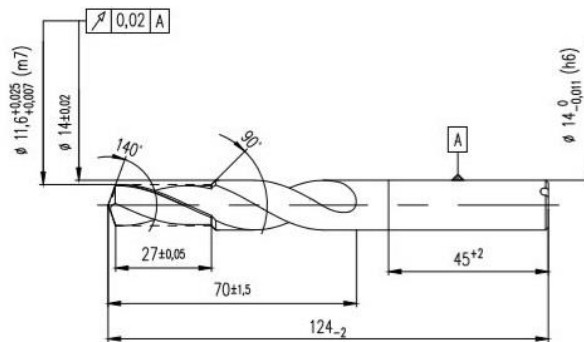
A vizsgálandó menet egy furatrendszerben található, a menetbekezdés 25 mm mélyen helyezkedik el, és a hasznos menethossz megközelítőleg 20 mm. A tárgyalt menet M12x1 LH jelöléssel ellátott (metrikus, balos, belső finommenet). A menet elkészítését követően a próbatestet hőkezelésnek vetjük alá, aminek következménye, hogy a menet méretei zsugorodnak, ezért a menetet a gyártás során nagyobbra kell készíteni, így a gépen gyártott menet M12,1x1 LH lesz. A menet funkciójával kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy a próbatestet egy csavarszárral tekerjük össze miután elkészült.

1.2. Az alapanyag meghatározása

Az autóiparban elszeretettel alkalmazzák a betétben edzhető acélokat. A 16MnCr5 [4] és a 20MnCr5 [5] anyagok széntartalma alacsony, így jó szívóssággal rendelkeznek, továbbá a felületi keménységük magas, köszönhetően az edzés közbeni kéregdúsításnak. Kedvező tulajdonságainak és a magas ötvöztartalomnak köszönhetően strapabíró és magas használati időtartamra képes alkatrészek gyárthatók belőlük. Alacsony széntartalmuk miatt könnyedén forgácsolhatóak, így a forgácsoláshoz használt szerszámok élettartama magas. Választásunk a 16MnCr5-re esett [1], [2].

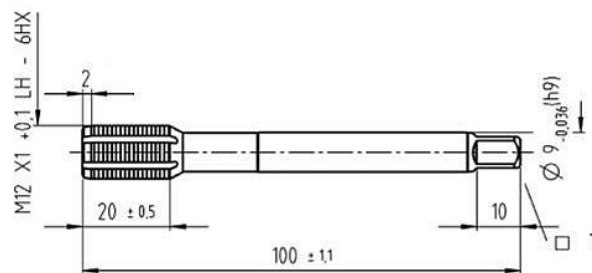
1.3. A szerszámok kiválasztása

A menetformázáshoz egy 11,6 mm átmérőjű előfúró (1. ábra) alkalmazására volt szükség. A szerszám alapanyaga K40UF és Endurum bevonattal rendelkezik, ami a szerszám élettartamát jelentősen növeli és elősegíti a magas teljesítményű megmunkálást.



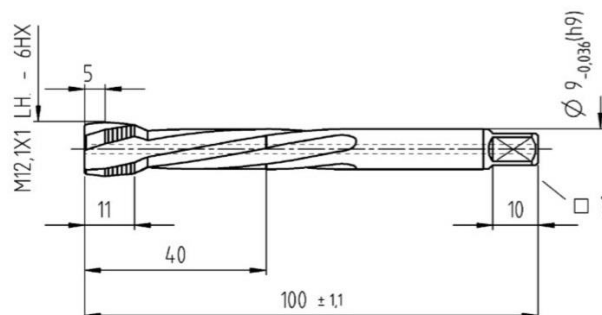
1. ábra. Az előfúró szerszám rajza

A 2. ábrán látható menetformázó szerszám alapanyaga HSS-E gyorsacél, TiCN bevonattal. Formázáskor a bevonat nem a menet minőségére, hanem a szerszám élettartamára van hatással.



2. ábra. A menetformázó szerszám rajza

Az összehasonlításban részt vevő másik szerszám a 3. ábrán látható menetfúró. A menetfúráshoz kisebb előfúrási átmérő készítése szükséges, így egy Ø11,1-es szerszám alkalmazása is indokolt a kísérlet során. A szerszám kialakítása és tulajdonságai megegyeznek a menetformázásnál használt előfúróval. A menetfúró, a formázóhoz hasonlóan HSS-E anyagból készül, bevonata TiAlN [3].



3. ábra. A menetfúró szerszám rajza

1.4. Megmunkálási paraméterek

Menetformázás esetén a megmunkálási átmérő a menet középátmérőjének felel meg. M12x1-es menet esetén a középátmérő 11,350 mm. M12,1x1-es menet készítésénél 0,1 mm-t hozzá kell adni, így a középátmérő 11,450 mm-re adódik. A menetformázási és menetfúrási paramétereket az 1. és a 2. táblázat mutatja.

A menetformázáshoz használt paraméterek

1. táblázat

| | n (1/perc) | f (mm/perc) | f (mm/ford.) | v_c (m/perc) | Megmunkálási idő (s) |
|--------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| Előfúró | 2900 | 410 | 0,14 | 105,63 | 33,1 |
| Menetformázó | 580 | 580 | 1 | 20,85 | 45,97 |

A menetfúráshoz használt paraméterek

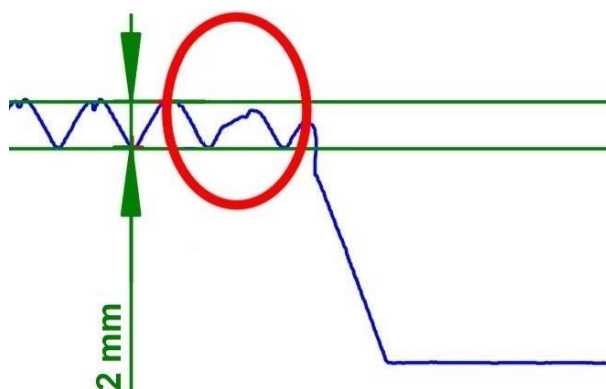
2. táblázat

| | n (1/perc) | f (mm/perc) | f (mm/ford.) | v_c (m/perc) | Megmunkálási idő (s) |
|-----------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| Előfúró | 2900 | 410 | 0,14 | 101,08 | 33,1 |
| Menetfúró | 1000 | 1000 | 1 | 35,95 | 32,71 |

2. MENETFORMÁZÁS SORÁN FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK

2.1. Menetbekezdési hiba

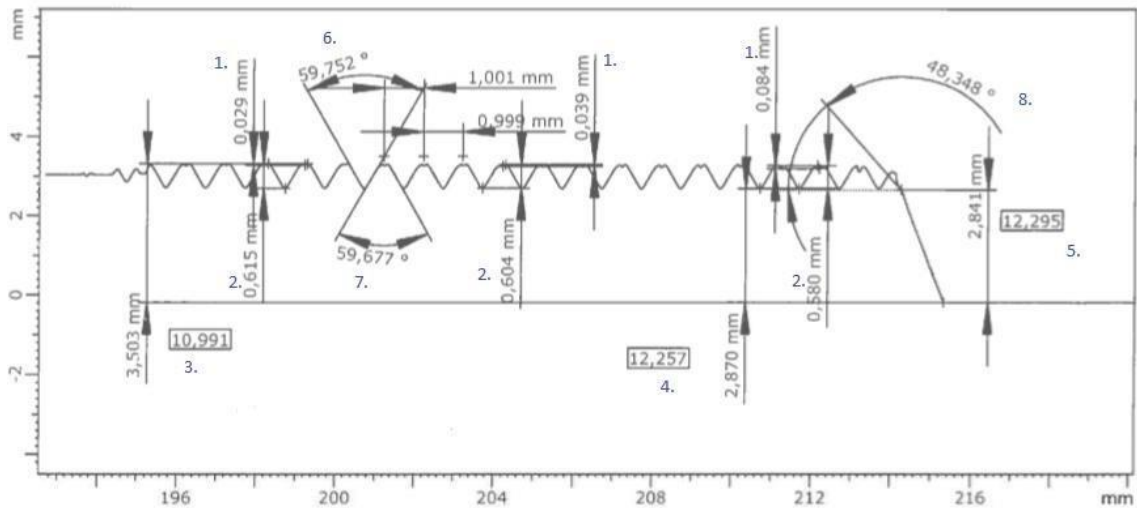
Az alkatrész menetformázóval történő gyártása során a problémát az okozza, hogy az anyagot a szerszám a 4. ábrán látható módon felhalmozza a menet bekezdésénél. Az így létrejövő szabálytalan, fél menetfog miatt az ellendarab nem tud belekapni a menetbe. A probléma egy 45° -os letöréssel könnyedén orvosolható, amely előfúráskor kerül fel az alkatrészre, így a formázó nem tud annyi anyagot kitolni és nem keletkezik kitüremkedés.



4. ábra. Konturográffal mért szabálytalan fog a menet elején

2.2. A magméret hibája

A menetformázó által készített selejtes darabok jelentős része abból adódik, hogy a magméret átmérője az alsó tűréshatár alatt van. Hibát okoz továbbá a menetformázási horony és a menetmagasság arányának mértéke is. A furat konturográfon és koordináta-mérőgépen való vizsgálatával mindkét eset megfigyelhető.



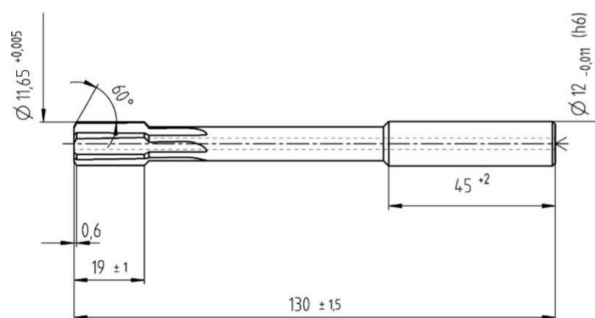
5. ábra. A konturográfon mért kontúr

(leolvasható értékek: formázási horony mérete, fogmagasság, magátmérő, fejkör átmérő, két fog által bezárt szög, egyik fog által bezárt szög, letörés szöge)

Az 5. ábrán látható mérés első sorban a magméret gyártásának elemzésére irányul, ugyanis a selejt darabok legnagyobb arányban ennek hibájából kerülnek ki. A kiértékelés során a munkadarabok között találunk olyan terméket, amelynek a magmérete alsó tűréshatár alatt van. Ezek alapján a magméret stabilizálására van szükség.

2.3. Az előfurat dörzsárazása

Érdeemes megvizsgálni továbbá, hogy pontosabb előfurat készítése esetén a menetformázás során készült magméret folyamatképesége hogyan alakul. Az előfurat átmérőjének pontossága érdekében egy dörzsár (6. ábra) alkalmazására került sor.

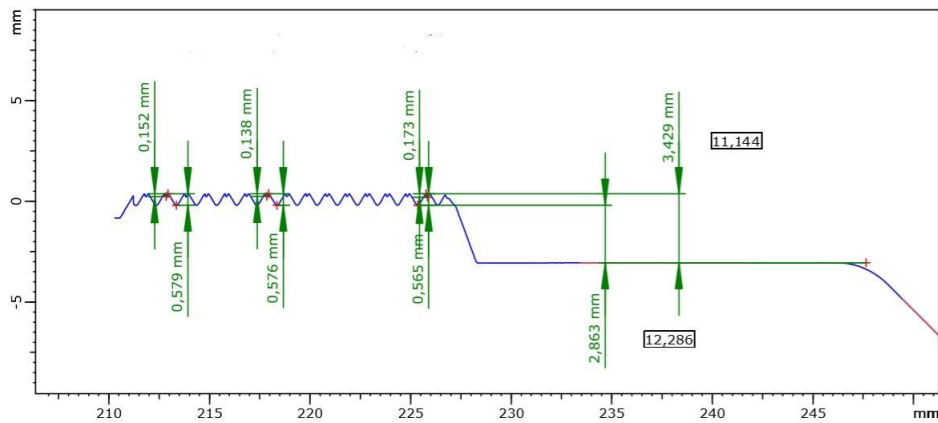


6. ábra. Az előfurat dörzsárazásához használt szerszám

Az előfurat dörzsárazásával a technológia a magfurat méretét tekintve folyamatképes. A dörzsár átmérője viszont nagyobb előfuratot készít, mint a csigafúró, ezért fennáll annak az esélye, hogy a menetformázási árok aránya a fogmagassághoz képest nagyobb, mint a megengedett, vagy nagyon közelíti azt. A teszt során fontos megvizsgálni, hogy nem okoz-e hibás darabot a megnövekedett formázási árok. Ezt a megállapítást a 7. ábra is alátámasztja, ahol a menetformázási horony aránya a fogmagassághoz képest a következőképpen alakul:

$$\text{Menethorony aránya} = \frac{0,173\text{mm}}{0,565\text{mm}} = 0,306$$

Ez az arány még megfelelő, de már közelíti a felső tűréshatárt, ami 1/3-ad.

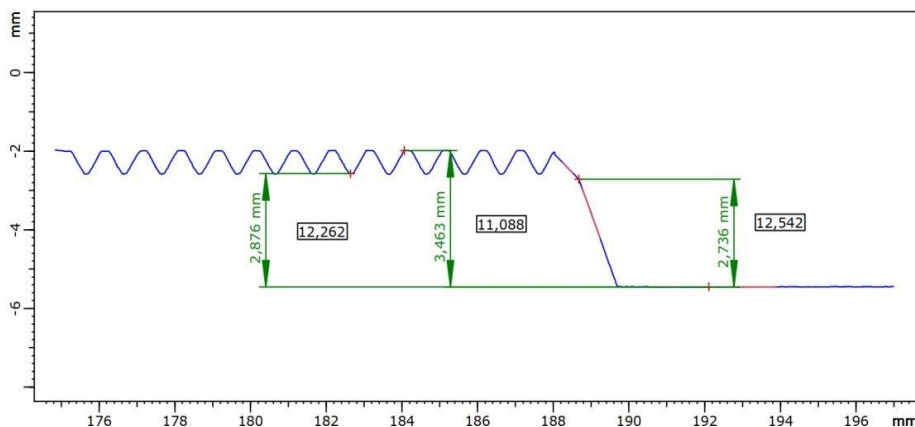


7. ábra. A dörzsárazott előfúratban készült meneten mért menetkontúr

3. MENETFÚRÁSSAL GYÁRTOTT DARABOK KIÉRTÉKELÉSE

3.1. A gyártott darabokon mért kontúr

Az előzőekhez hasonlóan menetfúráskor is a folyamatképeséget vizsgáljuk a magméretre vonatkozóan. A méréseket továbbra is konturográfon és koordináta-mérőgépen végeztük el. Jelen esetben a konturográf valamivel másabb képet fog mutatni, ugyanis menetfúráskor nincs formázási horony (8. ábra).



8. ábra. A menetfúrás során mért kontúr

4. SZAKÍTÓVIZSGÁLAT

4.1 Szakításhoz szükséges alkatrész tervezése és gyártása

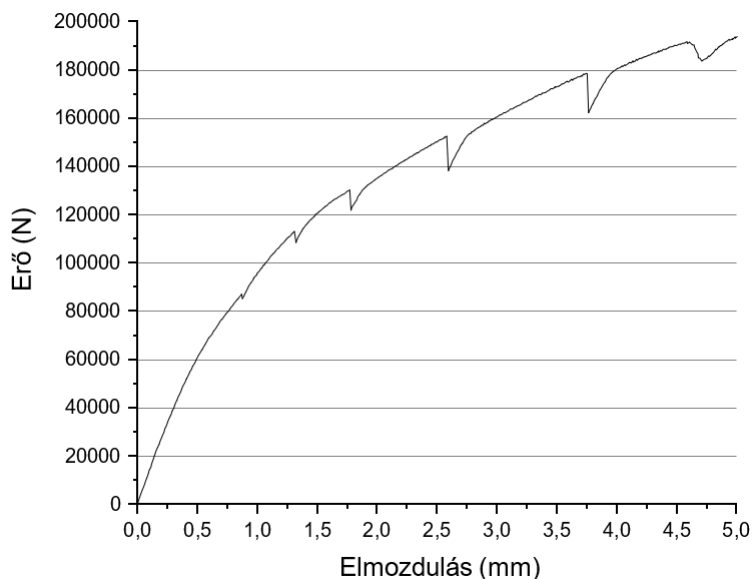
A szakítás elvégzéséhez egy menetes végű próbatest készítésére volt szükség. Az anyagválasztás ebben az esetben is döntő fontosságú, ezért olyan alapanyag kiválasztására esett a sor, melynek szakítószilárdsága jóval magasabb, mint a próbatest alapanyaga. A választás a 42CrMo4-re esett [6], szakítószilárdsága 1000-1200 MPa. A szilárdság további növelésének érdekében a darab hőkezelésen is átesett, majd ezt követően összeszerelésre került a formázott, illetve menetfűrt próbadarabbal (9. ábra).



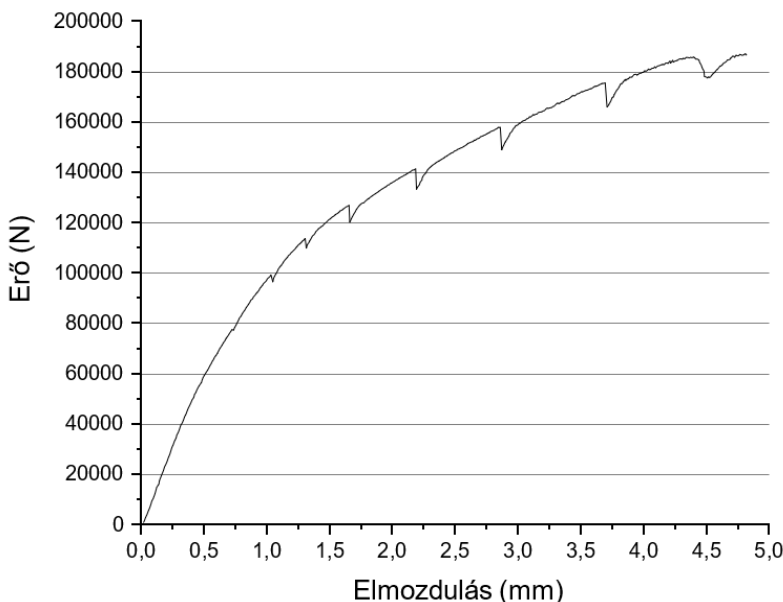
9. ábra. Szakítóvizsgálatra kész próbatest

4.2. A szakítóvizsgálat eredménye

A vizsgálathoz használt berendezés egy MTS 810 típusú szakítógép, amelybe a próbatesteket hidraulikus szorítással lehet befogni. A vizsgálat során a berendezéshez kötött számítógép rögzítette a mérés kezdetétől eltelt időt, a megnyúlás mértékét, illetve az adott pillanatban fellépő húzóerőt. A szakítás 3 mm/perces sebességgel történt. Összesen 6 db próbatestben szakítottuk el a menetet, ez 3 menetformázott és 3 menetfűrt darabot jelentett. A legszignifikánsabb értékeket mutató eredményeket a 10. és a 11. ábra szemlélteti.



10. ábra. A legjobb értékeket mutató menetformázott próbatest szakítódigramja



11. ábra. A legjobb értékeket mutató menetfűrt próbatest szakítódigramja

A diagramok összehasonlításából elmondható, hogy a menetformázott menet valamivel magasabb húzóerőt volt képes elviselni, így a formázott menet esetén a maximális erőszükséglet 195 kN, fűrt menet esetén 186 kN. A 3-3 mérést átlagolva is hasonló eredményeket kapunk, ezek 190 kN és 175 kN lettek. Az elnyíródás szemrevételezésének érdekében a próbadarabokat elvágtuk, hogy láthatóvá váljon a szakított felület. A menetfűréssel készített alkatrészek nyírás követő felülete szabad szemmel láthatóan jobb, mint a menetformázott alkatrészé (12. ábra). Ezt a megfigyelést érdességméréssel igazolva a menetfűrt felület érdessége 10,46 Rz-t mutatott, míg a menetformázott felület az elnyíródást követően 36,79 Rz-t.

Menetformázott**Menetfűrt**

12. ábra. Szakítóvizsgálat utáni elnyíródott menetfelületek

ÖSSZEGZÉS

A menetfűrés mérési eredményeiből látható, hogy a készített menet a magméretet tekintve folyamatbiztos, tehát jó menet gyártható. Menetfűrés esetén nincs formázási horony, tehát ennek nagyságától nem kell tartani. A szakítóvizsgálat során nem kaptunk jelentős eltérést a különbözően elkészített menetek szakítása esetén, mint vártuk. Itt azonban meg kell említeni, hogy szakítóvizsgálat során statikusan terheljük a darabot, amire viszont használat során dinamikus terhelések hatnak.

A tesztek alapján célszerű a dörzsárat azonnal bevezetni a magméret szórásának stabilizálása érdekében, és további teszteként javaslok egy módosított profilú speciális menetformázó szerszám alkalmazásával kapcsolatban.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.4.3-16-2016-00002 „Felsőoktatási intézményi fejlesztések a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Sarafraz, Y., Koch, A., Felinks, N., Biermann, D., & Walther, F. (2021). Influence of pre-drilling on hardness and tensile failure of formed internal threads in thin-walled AZ91 cast alloys. *Engineering Failure Analysis*, 130, 105783.
- [2] Wittke, P., Teschke, M., & Walther, F. (2018). Mechanical characterization of friction drilled internal threads in AZ91 profiles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(9), 3111-3122.
- [3] Fromentin, G., Poulachon, G., Moisan, A., Julien, B., & Giessler, J. (2005). Precision and surface integrity of threads obtained by form tapping. *CIRP annals*, 54(1), 519-522.
- [4] Steel Navigator, 16MnCr5, <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/16mncr5/> (Utolsó letöltés: 2022. 02.27.).
- [5] Steel Navigator, 20MnCr5, <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/20mncr5/> (Utolsó letöltés: 2022. 02.27.).
- [6] Virgamet, 42CrMo4, <https://virgamet.com/40hm-42crmo4-1-7225-aisi-4140-toughening-steel/> (Utolsó letöltés: 2022. 02.27.).