



# Vizsgálatok a PVC granuláló szerszám élettartamának növelésére

## Investigations to increase the PVC granulating tool life

<sup>1</sup>Körösi Gábor, <sup>2</sup>Dr. Tóth László, <sup>3</sup>Dr. Pinke Péter

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. Budapest, Magyarország, [korosigabor.atg@gmail.com](mailto:korosigabor.atg@gmail.com)

<sup>2</sup>Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. Budapest, Magyarország, [toth.laszlo@bgk.uni-obuda.hu](mailto:toth.laszlo@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup>Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. Budapest, Magyarország, [pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu](mailto:pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu)

---

### Összefoglalás

Kutatásunkban a PVC granulálás során alkalmazott szerszám élettartam növelésének lehetőségeit vizsgáltuk. Egy általunk ajánlott anyagminőséget egyrészt hagyományos módon, másrészt mélyhűtés alkalmazásával is hőkezeltünk. Az eltérően hőkezelt munkadarabokból 4-4 próbatestet kopásvizsgálatnak, és korróziós vizsgálatnak vetettünk alá, majd az eredményeket összehasonlítottuk. A mérési eredmények azt mutatták, hogy a mélyhűtéssel javítható mind a kopásállóság, mind a korrózióállóság. Ezen tulajdonságok mind meghatározzák a granuláló szerszám élettartamát.

Kulcs szavak: PVC granulálás, hőkezelés, mélyhűtés, élettartam, szerszámacél

---

### Abstract

In our research, we investigated the possibilities of increasing the tool life in PVC granulation. Our recommended steel grade was heat treated conventionally and also using cryogenic treatment. From the differently heat-treated workpieces, 4 specimens each were subjected to wear and corrosion tests, and then the results were compared. They showed that both wear resistance and corrosion resistance can be improved by cryogenic heat treatment. These properties determine the lifetime of a granulating tool.

Keywords: PVC granulating, heat treatment, cryogenic treatment, tool steel

---

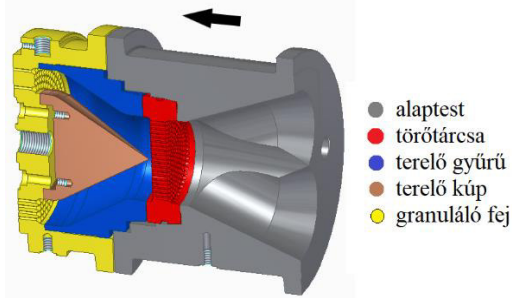
## 1. Bevezetés

A polivinil-klorid (PVC) alapú anyagok rendkívül nagy mennyiségben kerülnek felhasználásra szinte a világon. Nem lebomló tulajdonsága mellett fő alkotóeleme, a klór sajátosságai miatt környezetszennyező is. Ezért újrahasznosítása rendkívül fontos. Hulladéka feldolgozásával is készíthető granulátum [1]. A granulátumból később gyárthatóak, pl. extrudálással, többek között az építőiparban, vagy a kertészetben használt profilok, csövek is. Magyarországon, Balotaszálláson a granulálás mellett PVC extrudálással is foglalkozó Rolló Kft. az épülő csarnokaihoz a lambériákat és redőnykapukat saját maga készíti újrahasznosított PVC alapanyagból. A granuláláshoz használt szerszámoknak kopásállónak kell lennie, mivel az áramló ömledék a súrlódás következtében koptatja a szerszám felületét. Mindemellett a korrózióállóság is követelmény, ugyanis a

granuláláshoz szükséges hőmérséklet (adalékoktól függően 160-180 °C) elérése közben az ömledék gázosodni kezd, ami erősen korrodáló hatású. Ezen hatások összessége rendkívül igénybeveszi az alkalmazott szerszámanyagot.

A gyakori elhasználódást követő szerszámfelújítás, netán a tönkremenetel utáni új szerszám legyártása plusz időbe telik és többletköltséget teremt, valamint a termelékenységet rontja. Ezért fontos a szerszám élettartamának növelése. Ezt jól megválasztott anyagminőséggel, és hőkezeléssel érhetjük el [2], mivel a szerszámacélok tulajdonságait az összetételén kívül a szerkezeti felépítése is befolyásolja, amit hőkezeléssel tudunk optimalizálni. Dolgozatunkban a kiválasztott szerszámalapanyag tulajdonságait vizsgáltuk különböző hőkezelések hatására.

A hőkezelések eredményességének ellenőrzéséhez keménységmérést, valamint kopásállósági- és korróziós vizsgálatot végeztünk [6].



1. ábra Granuláló szerszám metszete (nyíllal jelölve az anyagáramlás iránya)

A fenti ábra egy granulálószerszámot ábrázol, metszetben. Az ábra jobb oldala felől két csiga hordja be az ömledéket, ami a bal oldali granuláló fejből kilépve, forgó késekkel aprításra kerül.

## 2. Anyagok, eszközök és technológiák

Az alábbiakban ismertetjük a választott anyagminőséget, a vizsgálatok során alkalmazott eszközöket, és a próbatesteken alkalmazott hőkezelési eljárásokat. A hőkezelésen átesett munkadarabokból a Duna Precíziós Kft. szikraforgácsoló eljárással 4-4 próbatestet munkált ki a további vizsgálatokhoz.

### 2.1 Anyagminőség

Az anyagminőség kiválasztásánál a műanyagalakító szerszámok családját vizsgáltuk meg. Fontosnak tartottuk a szénttartalmat az elérhető keménység, a króm és molibdén tartalmat a jobb kopási tulajdonságok miatt. A króm önmagában a jobb korrózióállóság szempontjából is fontos. A vanádium a szemcsefinomodást segíti elő, emellett a kopásállóságot, és szívósságot is javítja. A választott anyagminőség a Böhler M340 ISOPLAST [3], vegyi összetételét az 1. táblázat tartalmazza, aminek meghatározása Hitachi PMI MP2 típusú spektrométerrel történt (2.ábra.). Az ISOPLAST elnevezés elektrosalagos átolvasztási eljárással tisztított anyagot jelöl. Az acél tisztasága fontos a belső repedések megelőzése végett.

1. táblázat Böhler M340 spektrométerrel mért vegyi összetétele (tömeg %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,52	0,42	0,41	17,10	1,12	0,11



2. ábra Spektrométer



3. ábra Keménységmérő

## 2.2 Eszközök

A vizsgálatokhoz a próbaelőkészítést a Titán 94 Kft. laborjában végeztük. A keménységet Ernst AT130 D típusú (3. ábra.) univerzális keménységmérővel mértük. A Brinell keménységmérésnél edzett acélgolyó, a Rockwell mérésnél gyémántkúpos szűrő szerszámot használtunk. A koptatást a Bánki anyagvizsgáló laborjában lévő berendezéssel (4. ábra) végeztük csiszolt felületű próbatesteken. A kopásnyomot Olympus DSX10-BSW típusú mikroszkóppal (5. ábra) vizsgáltuk. A korróziós vizsgálat az ASTM (American Society for Testing and Materials) G48-11R20E01 szabvány [4] „A” módszerének előírásai szerint zajlott (6 % -os FeCl<sub>3</sub> oldatban, 72 óráig, állandó 22 °C -os hőmérsékleten) a csiszolt felületű próbatesteken.



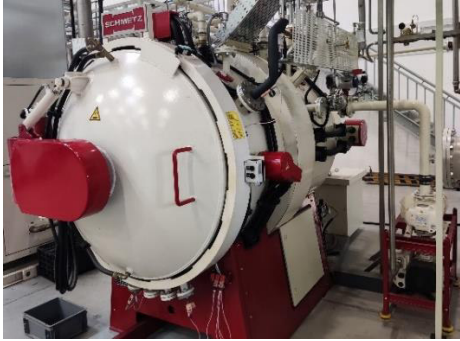
4. ábra Koptató berendezés



5. ábra Mikroszkóp

## 2.3 Alkalmazott hőkezelések

A munkadarabokat Schmetz IU72/IF 2RV 60x60x40 10 bar CP típusú vákuum kemencében (6.a, ábra), valamint egy Muhel nitrogén védőgázás megeresztő kemencében (6.b, ábra) hőkezeltük.



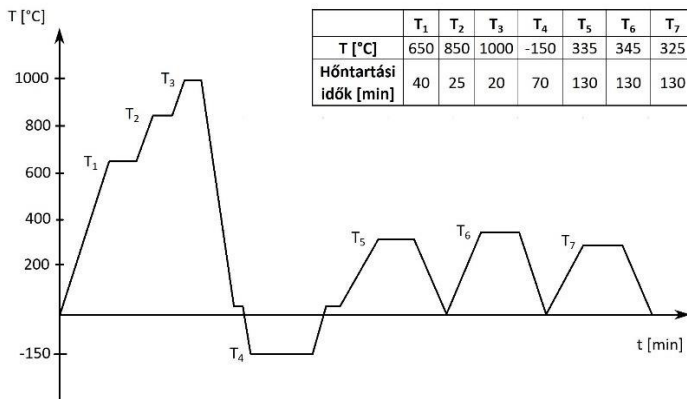
a,



b,

6. ábra Vákuum kemence (a) és megeresztő kemence (b)

Az alábbi ábrán a mélyhűtéssel kezelt munkadarab hőkezelési diagramjának elvi vázlata látható. A hagyományos hőkezelt munkadarab diagramja, a mélyhűtés kivételével, a hőmérsékletekben és hőntartási időkből megegyezik ezzel.



7. ábra A mélyhűtött munkadarab vázlatos hőkezelési diagramja, rajta a főbb hőmérsékletekkel, és hőntartási időekkel

A hagyományos hőkezelés során, az 1000 °C -os ausztenítési hőmérsékletre való lépcsős hevítést követő edzés után, három eltérő hőmérsékletű megeresztés következett, rendre 335 °C, 345 °C és 325 °C -on.

A másik hőkezelésnél az azonos paraméterekkel rendelkező edzés után tovább csökkentettük a hőmérsékletet, egészen -150 °C -ig. Ezt a folyamatot nevezzük mélyhűtésnek. A célja, hogy elérjük a martenzites átalakulás befejező hőmérsékletét ( $M_f$ ) [5], ezzel együtt a maradék ausztenit mennyiségét is minimalizáljuk. Ezt követően, az előző hőkezeléssel azonos három eltérő hőmérsékletű megeresztéssel folytatódott a hőkezelés.

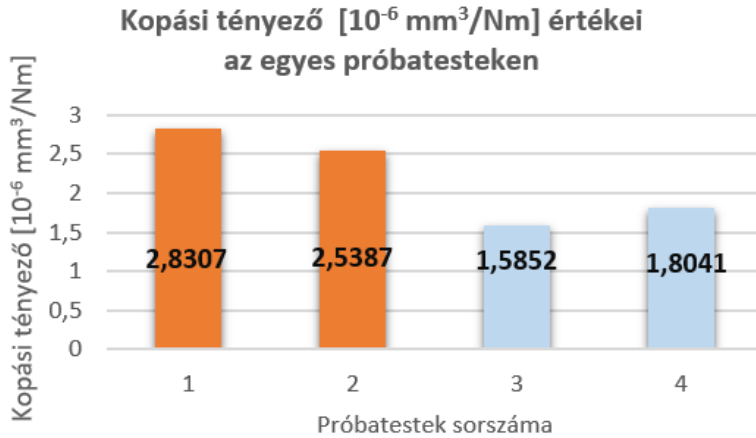
### 3. Mérési eredmények

Az acél szállítási állapotban lágított. A keménységmérések átlagos értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

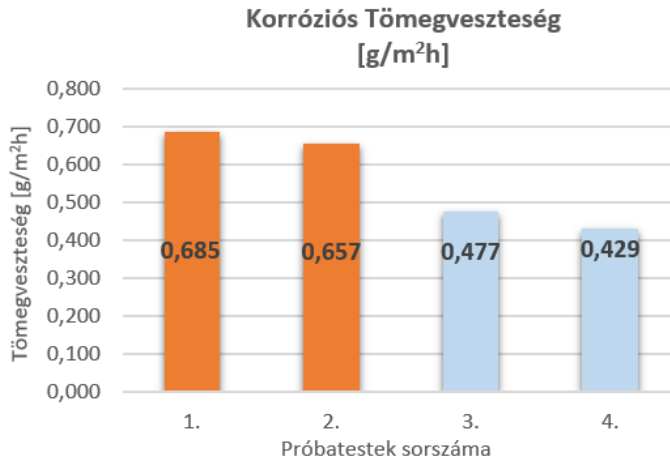
2. táblázat Keménységmérés eredményei

	Szállítási állapotban	Hagyományosan hőkezelt	Mélyhűtött
Brinell keménység (HB)	252	-	-
Rockwell C keménység (HRC)	-	55	56

A kopásnyomok alapján számított kopási tényezők, valamint a korróziós vizsgálat eredményeként kapott tömegvesztési értékeket az alábbi diagramok szemléltetik:





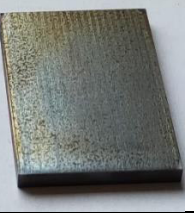
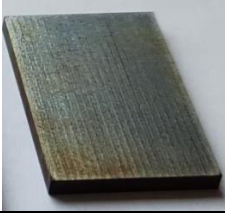
8. ábra Kopási tényezők diagramja (rozsdás színnel a hagyományosan hőkezelt próbatestek)



9. ábra Korróziós veszteségek diagramja (világoskékkel a mélyhűtött próbatestek)

Az eredmények értékelésekor alkalmazott képletek a felhasznált irodalomban megtalálhatóak. [6]

3. táblázat Korrozio nyomai a probatestek feluletein

			
Hagyományos 1.	Hagyományos 2.	Mélyhűtött 1.	Mélyhűtött 2.

#### 4. Konklúzió

A keménységmérés előre jelezte, majd a koptatóvizsgálat bizonyította (8.ábra), hogy a mélyhűtés alkalmazásával növelhető a szerszámacél kopásállósága. Ezt a maradék ausztenit minimalizálódása, és a létrejövő finom, diszperz eloszlású karbidok okozzák. A korrozios tömegvesztés értékeiből (9.ábra), valamint a felületekről készített felvételekből (3.táblázat) pedig az szűrhető le, hogy a korrozioállóság is javult a mélyhűtés hatására. Minden bizonnyal a szabad króm homogén eloszlása elősegítette a króm-oxid hártya egyenletesebb képződését a felületen, ezáltal lassítva a korrozios folyamatot.

Ezeknek köszönhetően azt várjuk, hogy a granuláló szerszám élettartama növelhető a mélyhűtés alkalmazásával.

#### Köszönetnyilvánítás

A szerzők szeretnének köszönetet mondani a Titán 94 Kft -nek a hőkezelő kemencék, valamint vizsgáló laborjának rendelkezésünkre bocsátásáért, a Duna Precíziós Kft -nek, hogy a probatesteket kimunkálták, valamint a Rolló Kft -nek a gyárlátogatást, és hogy megosztották gyakorlati tapasztalataikat a PVC granulálásról. Köszönjük az Óbudai Egyetemnek, hogy a Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar anyagvizsgáló, és kémia laborját, felszerelésükkel együtt méréseinkhez szabadon használhattuk.

#### 5. Hivatkozások

- [1] Ronkay, F., Dobrovsky, K. & Toldy, A. (2014). Műanyagok újrahasznosítása. Printer Kiadó.
- [2] Tóth, L. (2021). Mélyhűtéssel a maradék ausztenit ellen. Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai, Óbudai Egyetem, p 181-186.
- [3] Böhler M340 ISOPLAST szerszámanyag adatlapja: (2022.11.14.)  
<https://www.boehler.hu/app/uploads/sites/92/2020/12/productdb/api/m340en.pdf>
- [4] ASTM G48 szabvány: (2022.11.14.) <https://www.astm.org/g0048-11r20e01.html>
- [5] Gavriljuk, V.G., Theisen, V. & Siros, V.V. (2013). Low-temperature martensitic transformation in tool steels in relation to their deep cryogenic treatment. Acta Materialia 61, p. 1705-1715.
- [6] Kőrösi G. (2022). A PVC anyagok újrahasznosítása során alkalmazott szerszámok élettartamának növelése megfelelő acélminőség kiválasztásával és hőkezelésének optimalizálásával. TDK dolgozat, Óbudai Egyetem