

Forgácsolással és additív megmunkálással gyártott fröccsszerszám hűtési szimulációinak összehasonlítása

Comparison of cooling simulations of injection moulding tools created with cutting machining and additive manufacturing

RENKÓ József Bálint ¹, KEMÉNY Dávid Miklós ², Dr. NYIRŐ József ³

^{1,2} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék,

Magyarország, 1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 7. telefonszám: +36 1 463-1234

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnöki Kar, Gyártástudomány és -technológia Tanszék,

Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. telefonszám: +36 1 463-2515

¹renko.jozsef@edu.bme.hu, ²kemenydauid@edu.bme.hu, ³nyj@manuf.bme.hu

Összefoglalás

A ma használt korszerű gyártási technológiákkal lehetőségünk nyílik az eddig használt szerszámok, gépek újragondolására. Kiváló példa erre a fröccsöntés, mert az additív megmunkálással gyártott szerszámok speciális, nagy bonyolultságú hűtésrendszerrel láthatóak el. Felmerül azonban a kérdés, hogy vajon az így kialakított, drágább szerszámbetétekkel valóban lehetőségünk van olcsóbban gyártani?

Kulcsszavak: additív megmunkálás, szimuláció, fröccsöntés, Moldex 3D, összehasonlítás

Abstract

With the modern manufacturing technologies we have the opportunity to redesign the tools and machines in use. An example for that is injection moulding, because using additive manufacturing we can create tools with highly complex cooling systems. But the question arises whether it is worth using more expensive tools?

Keywords: additive manufacturing, simulation, injection moulding, Moldex 3D, comparison

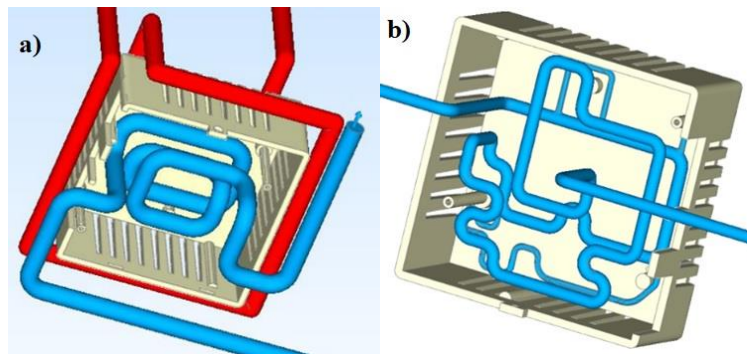
1. A VÁLASZTOTT TERMÉK

A vizsgálandó termék kiválasztásakor néhány fontosabb szempontot kellett felállítani. Mivel nem célunk teljes egészében kiváltani a hagyományos úton gyártott szerszámokat, így nagyon egyszerű geometriájú, könnyen szerszámozható terméket nem érdemes választani. A szimulációk időbeni lefutását viszont egy túl bonyolult, nagyméretű termékgeometria megnehezítheti, így a választás a Famü Kft. által gyártott „Box tető” elnevezésű termékre esett. A termék geometriája nem túl bonyolult, ám megfelelő mélységű ahhoz, hogy egy mély szerszámbetét alkalmazását szükségessé tegye. A szerszám hűtésének kialakítása is nehézséget okozhat, mivel a termék belső elemeinek kialakítása miatt a betétben alig marad hely a hűtőkörnek.

2. SZERSZÁMGEOMETRIA

A gyártásban használt terveket felhasználva kétféle geometria került kialakításra. Mivel az álló szerszámfélben kialakított hűtésrendszer felépítése egyszerű, feladatát viszont jó ellátja, ezért ezen nem történt változtatás. A mozgó szerszámfél hűtőkörében a betét belsejének hűtését eredetileg két hűtőujjal oldották meg, ez a kialakítás azonban nem feltétlen hatékony. Ezt javítandó, az 1. ábrán bemutatott két

hűtésrendszer került kialakításra. Mivel az additív megmunkálás közel korlátlan szabadságot biztosít a szerszámgeometria kialakításában, így a formakövető hűtés újra és újra továbbfejleszhető, míg el nem érjük az „ideális” szerszámot, amelynek hűtési időszükséglete minimális. Ezt hivatott bemutatni az alábbi formakövető, valamint továbbfejlesztett formakövető hűtőrendszer.



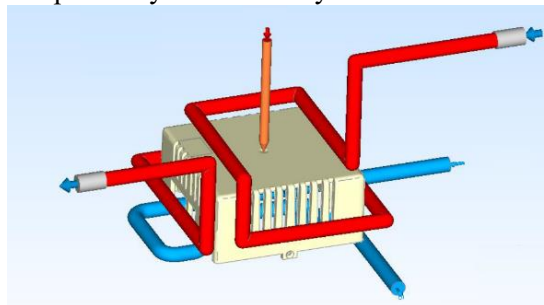
1. ábra

Formakövető hűtőkör (a) és továbbfejlesztett formakövetésű hűtőkör (b)

Formakövető hűtőkörnél (1.a) elsődleges szempont volt az eredeti hűtőkörhöz való hasonulás, így ennél a kialakításnál a hűtőkör belső átmérője az eredeti hűtőkör átmérőjével megegyezik. Ennek hatására azonban a kritikus területek, mint a sarkok vagy a kiálló részek hűtése nem mindig megoldható. Az ebből adódó problémák megoldására alakítottuk ki a továbbfejlesztett formakövetést, amely a kritikus részek hűtését hatékonyabban képes biztosítani, jobban kihasználva az additív megmunkálás nyújtotta előnyöket [1].

3. SZIMULÁCIÓK

A szimulációk elkészítéséhez a Moldex3D R.15.0 szoftvercsaládot használtunk [2]. Az előzetesen elkészített munkadarabot és szerszámmodelleket először importáltuk, majd a szimulációhoz szükséges, de még meg nem adott elemeket kellett beállítani. Ekkor került be a beömlőcsatorna, a hűtőkör, valamint a melegcsatorna és a meglovési pont helye. Ezek elhelyezkedését a 2. ábra mutatja be.



2. ábra

Termék, hűtőkörök, valamint a beömlőcsatorna elhelyezkedése

A geometria után az anyag- és szerszám tulajdonságok kerültek beállításra. A szerszám a valós modellel megegyezően 246x246x283-as méretű, 1.4404-es jelölésű ausztenites korrózióálló acélból készült [3]. Ez az anyagminőség rendelkezésre áll additív megmunkálásnál is, mint alapanyag, így a szimulációknál a szerszám anyag nem változik, a hűtés tehát kizárólag a geometriától függ. A fröccsöntési, utónyomási és hűtési idő alatti szerszámmozgásokat, nyomásokat és hőmérsékleteket a termék technológiai lapján megadott értékek szerint vettük fel, ezzel is biztosítva, hogy az eredmények a valósághoz a lehető legközelebb álljanak. A modell hálózása BLM (Boundary Layer Mesh) módszerrel történt, vagyis a test a felületek közelében sűrűn, míg a belsejében lazábban lett hálózva.

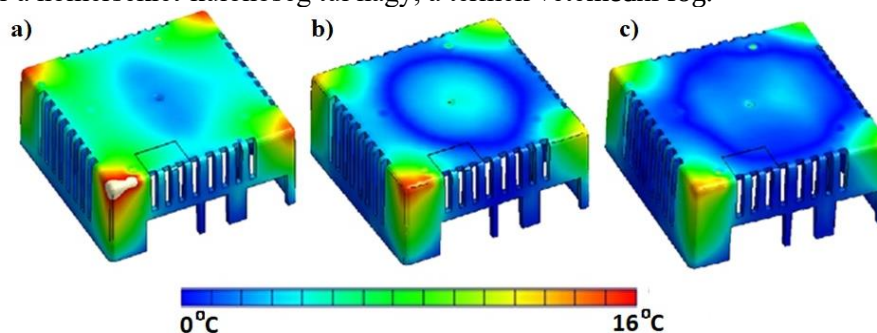
A szimulációk során összesen négy esetet vizsgáltunk. A „hagyományos” (forgácsolással gyártott) és a „formakövető” (additív megmunkálással gyártott) hűtésrendszer szimulációját két-két különböző beállítással futtattuk le, először standard, másodszor pedig tranziens szimulációként. Elmondható, hogy a két módszerrel közel azonos értékeket kapunk, ezek külön-külön történő kiértékelése (köszönhetően az elhanyagolhatóan kis eltérésnek) nem szükséges.

4. KIÉRTÉKELÉS

A szimulációk során három szempont szerint hasonlítottuk össze a hűtőköröket. Először a termék két oldalán kidobáskor mérhető hőmérséklet-különbség szerint, amely a vetemedésért felelős, másodsor a kidobási hőmérséklet eléréséhez szükséges időszükséglet szerint történt az összehasonlítás. Végül a szerszámokon belüli hőmérséklet-eloszlás került kiértékelésre.

4.1 Hőmérséklet-különbség a termék két oldalán

A termék kidobásakor az egyik legnagyobb veszélyt az jelenti, ha a termék hűtése nem egyenletes, vagyis a mozgó és álló szerszámfél hűtőkörei által elvont hő nem közel azonos. Ennek veszélye az, hogy ha kidobáskor a hőmérséklet-különbség túl nagy, a termék vetemedni fog.



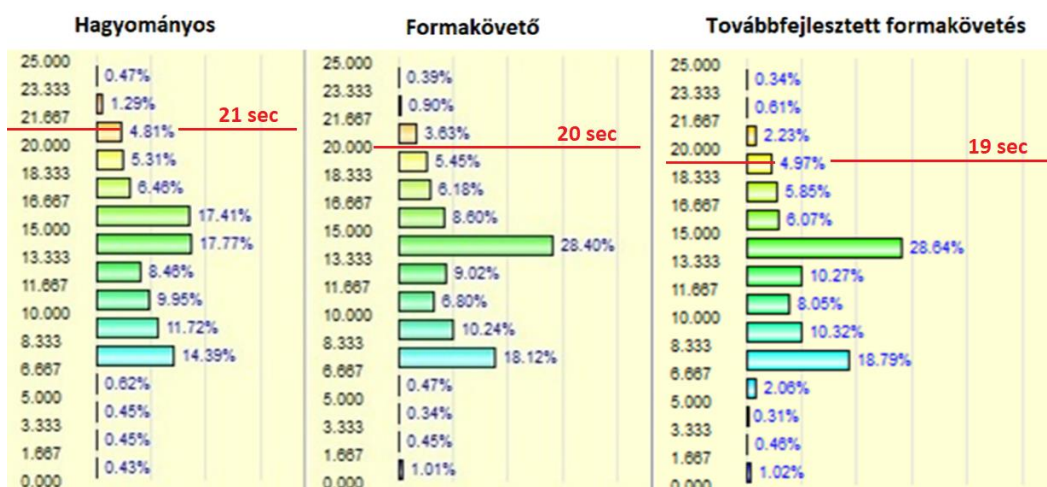
3. ábra

Hőmérséklet-különbség a termék két oldalán hagyományos (a), formakövető (b) és továbbfejlesztett formakövetésű (c) hűtésrendszer használatakor

A 3. ábrán látható, hogy formakövető hűtésrendszer használatakor a kritikus, 16 °C-nál nagyobb eltérésű területek (fehér sarkok) teljesen eltűntek, az eltérés a termék oldalai közt jelentősen csökkent. Az eltérés mértéke továbbfejlesztett hűtés esetén még számottevőbb. A hőmérséklet-különbséggel szoros kapcsolatban áll vetemedés, amelynek maximális értéke bár egyik esetben sem változott, a nagy vetemedésű elemek száma töredékére csökkent.

4.2 Maximális hűtési időszükséglet

A maximális hűtési időszükségletet a szoftver úgy számolja, hogy az egyes falvastagságokhoz tartozó elemek közül a szoftver kiválasztja azt, amelynek kidobási hőmérsékletre hűtéshez a leghosszabb időre van szüksége. Így a valósághoz sokkal közelebb álló eredményeket kaphatunk, mintha elemről elemre vizsgálnánk a hűtési időt, hiszen hűtéskor mindig a belső, leglassabban kihűlő térrészek jelenthetnek gondot. Ahhoz, hogy a termék biztonságosan eltávolítható legyen, a keresztmetszet legalább 95%-ának meg kell dermedni. Mivel a termék technológiai lapján 25 sec hűtési idő volt megadva, így a szimulációk során is ekkora hűtési idő került beállításra (4. ábra).



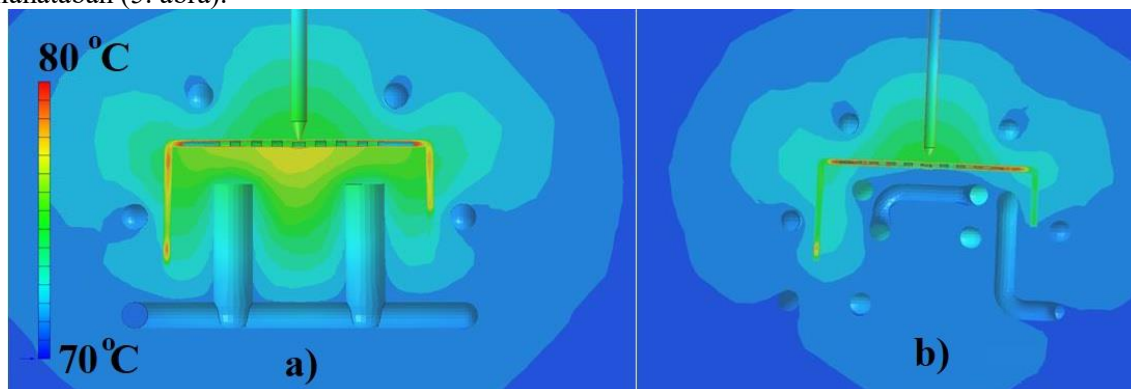
4. ábra

Hagyományos és formakövető hűtőkörök maximális időszükséglete

Látható, hogy ha behúzzuk a 95%-os határt, hagyományos hűtőkör esetén a hűtési idő 21 sec, formakövető hűtésnél 20 sec, továbbfejlesztett formakövetésnél pedig 19 sec. Tehát ha 21 sec hűtési idővel gyártjuk a terméket, az 1 sec megtakarítás 4,7%-os, a 2 sec megtakarítás 9,5%-os javulást jelent a hűtési időben.

4.3 Szerszámhőmérséklet

A szerszámban kidobáskor mért hőmérsékletek nagysága megmutatja, hogy milyen mértékű termikus igénybevételnek tesszük ki a szerszámot egy-egy fröccsöntési ciklus során. A szerszám hőmérséklet-eloszlását bemutatandó, különböző metszeteket készítettünk a szerszámról a kidobás pillanatában (5. ábra).



5. ábra

Hőmérséklet-eloszlás a szerszámban hagyományos (a) és formakövető (b) hűtőkörök használata esetén

A termék kidobásának pillanatában látható, hogy a hagyományos hűtőkör hűtő ujjai közel sem olyan hatékonyan veszik fel a hőt, így a szerszám hőmérséklete nem tud visszaállni fröccsöntés előtti szintre. A formakövető hűtésnél azonban a szerszámbetétek hőmérséklete sokkal egyenletesebb, az alsó, formakövető hűtőkör szinte teljesen vissza tudta hűteni a szerszámot. Ennek köszönhetően a szerszám hőterhelése lecsökkent, a termikus kifradása pedig sokkal később következik majd be.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Kijelenthető, hogy ha a termék gyártásához szükséges szerszámbetéteket additív megmunkálással gyártjuk le, nagy sorozatú gyártásnál az esetleges többletköltségek ellenére is gazdaságosabban, pontosabban lehet termelni vele. Ezt jól bizonyítja, hogy egy ilyen kis bonyolultságú, de mély termék esetén is közel 10%-os megtakarítást tudtunk elérni hűtési időben, nem beszélve a vetemedés csökkenése jelentette méretpontosság-javulásról. Fontos azonban megjegyezni, hogy az additív megmunkálás teljesen sosem fogja felváltani a hagyományos forgácsoló megmunkálással elkészített szerszámokat, hiszen egyszerű geometriáknál a technológia nyújtotta előnyök nem használhatók ki. A technológia tehát az iparban felhasználható, de annak alkalmazása csak akkor indokolt, ha a hagyományos hűtésrendszer megfelelő kiépítése a termék komplexitása miatt nem lehetséges. Ekkor viszont már kis ciklusidő-csökkenéssel is jelentősen növelheti a cég bevételeit, hiszen az ezzel foglalkozó cégek egyszerre több gépen gyártanak, az ezeken megspórolt összegek pedig összeadódnak. Továbbá, mivel a technológiával elméletileg bármilyen geometriát ki tudunk alakítani, a szerszám hűtőköre újra és újra tovább fejleszthető, amelynek csupán az emberi képzelet szab határokat.

6. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] A. Simchi, F. Petzoldt, H. Pohl: On the development of direct metal laser sintering for rapid tooling, Journal of Materials Processing Technology 141, 319-328., 2003
- [2] <http://www.moldex3d.com/en/>
- [3] S. Matthes, S. Szemkus, S. Jahn, Jena: Additive manufacturing – Recent Developments in Manufacturing of metallic components. (YPUC 2017, 3rd Young Welding Professionals International Conference, August 16-18. 2017, Germany)