



B3

Változat: 2.2

Kiadva: 2014. február 7.

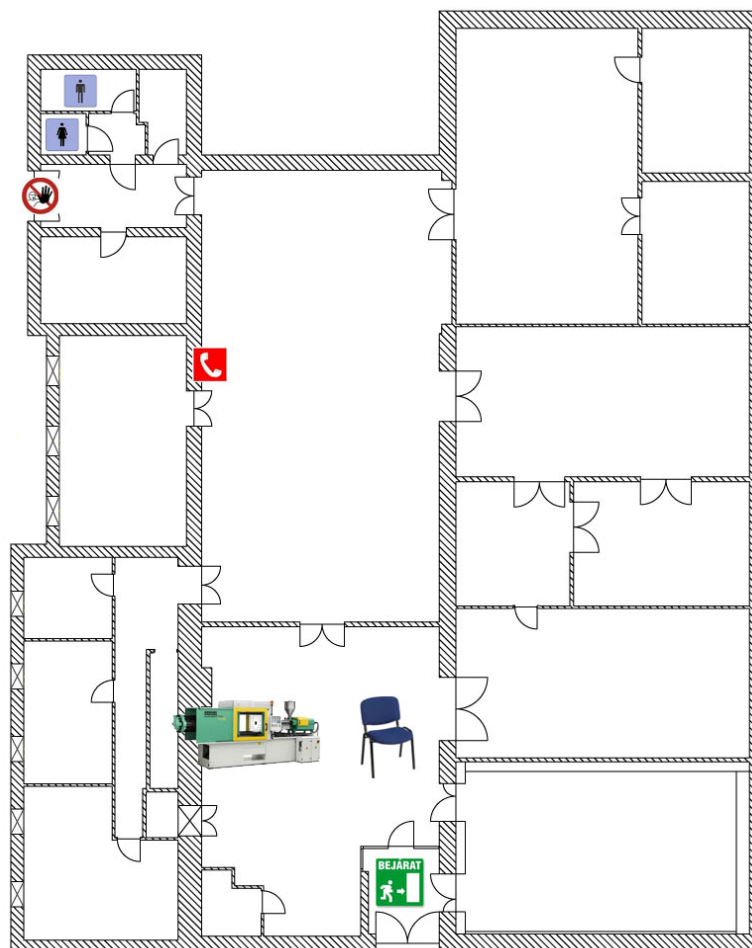
**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK**

Fröccsöntés

HŐRE LÁGYULÓ POLIMEREK FRÖCCSÖNTÉSE

**A JEGYZET ÉRVÉNYESSÉGÉT A TANSZÉKI WEB OLDALON KELL ELLENŐRIZNI!
WWW.PT.BME.HU**

A LABORGYAKORLAT HELYSZÍNE



TARTALOMJEGYZÉK

1. A GYAKORLAT CÉLJA	3
2. ELMÉLETI HÁTTÉR	3
2.1. A FRÖCCSÖNTŐ GÉP	3
2.2. A FRÖCCSÖNTÉS FOLYAMATÁNAK LÉPÉSEI	5
2.3. A PLASZTIFIKÁLÓ- ÉS FRÖCCSEGYSÉG RÉSZEI ÉS AZOK FUNKCIÓI	7
3. A MÉRÉS SORÁN HASZNÁLT GÉPEK, BERENDEZÉSEK	10
4. A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ FONTOSABB SZAVAK ANGOLUL, NÉMETÜL	11
5. AJÁNLOTT IRODALOM	11
MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV	12

1. A gyakorlat célja

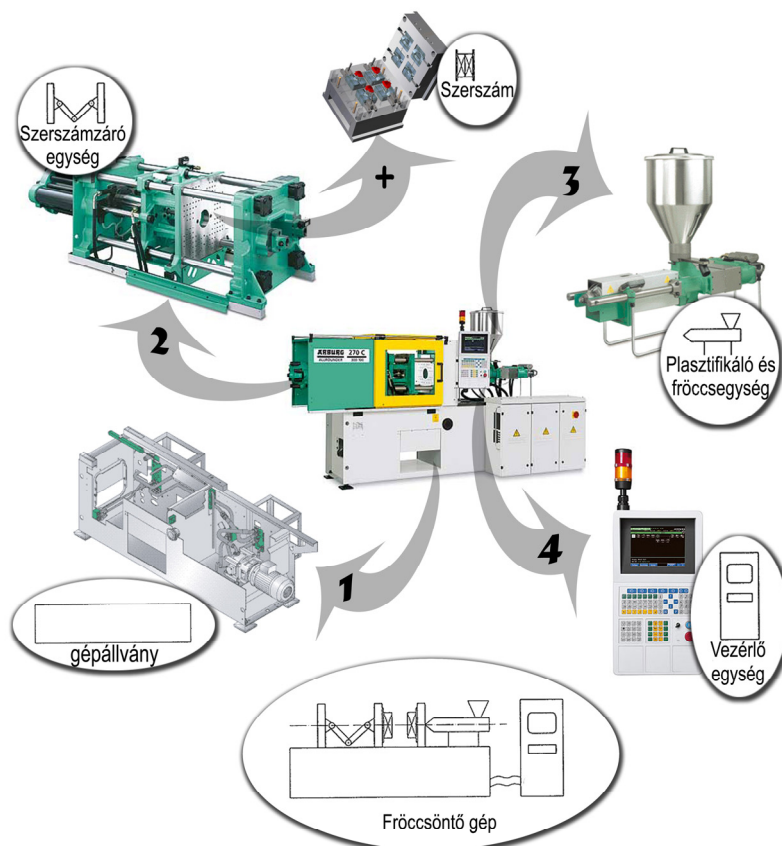
A gyakorlat célja a fröccsöntési technológia és ciklus megismerése, elemzése. Tanulmányozandók a gyakorlat során a fröccsöntő gép és annak részegységei. Cél továbbá a fröccsöntési technológia beállításának alapszintű megismerése (fröccsnyomás, hűtési idő, befröccsöntött anyagmennyiség).

2. Elméleti háttér

A fröccsöntés a polimer késztermékek előállítására alkalmas módszerek közül a legsokoldalúbb és a legdinamikusabban fejlődő szakaszos (ciklikus) eljárás. Alapelve, hogy az olvadáspontja fölé melegített, *viszkózan folyós* ömledékállapotba hozott hőre lágyuló (termoplasztikus) polimer alapanyagot nagy sebességgel és nyomással, szűk beömlőnyíláson át a *temperált (hűtött), zárt szerszámba* juttatjuk. Ebben a zárt szerszámban a *nagy nyomás alatt* kihülő polimer ömledékből alakul ki a tetszőlegesen bonyolult, 3D-s, nagy méretpontosságú alkatrész, gyakorlatilag *hulladékmentesen*. A technológia sajátossága, hogy az alkalmazott szerszámmal csak egyféle termék állítható elő, tehát ezek a szerszámok – ellentétben a fémmegmunkáló szerszámok egy részével – nem univerzálisak. A fröccsöntés szerszámai ugyan nem olcsók (leginkább a fémmegmunkálás költségei miatt), de mivel egy szerszámmal akár több millió darab termék is készíthető, így egy-egy termék előállítási költsége kicsi.

2.1. A fröccsöntő gép

A fröccsöntéssel sokféle nagyságú, alakú és anyagú terméket lehet előállítani, amelyek optimális gyártásához különböző felépítésű, nagyságú, és a legkülönbözőbb kiegészítő egységekkel ellátott gépeket fejlesztettek ki. Általánosságban megállapítható, hogy egy fröccsöntőgép fő egységei az alábbiak (1. ábra):



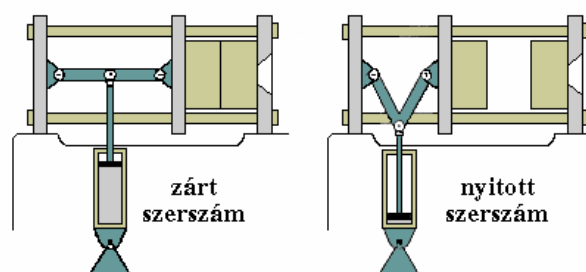
1. ábra A fröccsöntőgép fő egységei

A **gépállvány és hidraulikus rendszer** (1. ábra – 1) feladata a többi egység rendszerbe foglalása, azok rezgésmentes kapcsolásának a megvalósítása.

A fröccsöntéshez szükség van alakadó szerszámmra (1. ábra – +), de azt nem sorolják a fő egységek közé, mivel az több gépen is felhasználható, illetve egy gép több szerszámmal is üzemelhet. A szerszám jellemzően két „félre” nyitható szét (álló, illetve mozgó szerszámfél), amely a termék eltávolításánál játszik szerepet.

A **szerszámmozgó egység** (1. ábra – 2) feladata – legegyszerűbb esetben – a gépvázon rögzített álló szerszámfélhez képest a mozgó szerszámfél megfelelő mozgatása, az osztósíokban történő nyitás-zárás. Amíg a befroccsöntés alatt a nagy fröccsnyomásból származó erővel szemben a szerszámot tökéletesen zárva kell tartani (a maximális szerszámmozgó erő a fröccsgép egyik alapvető jellemzője), addig a termék adott hőmérsékletre történő lehűlése után a szerszámot nyitni

kell, hogy a gyártmány eltávolítható legyen. A szerszámozó egység lehet mechanikus (könyökemelő) (2. ábra), vagy hidraulikus.



2. ábra Könyökemelő szerszámozó egység vázlata

A **plasztifikáló- és fröccsegység** (1. ábra – 3) a fröccsöntőgép legfontosabb egysége, feladata az alapanyag tökéletes megömlesztése és a szerszámba juttatása.

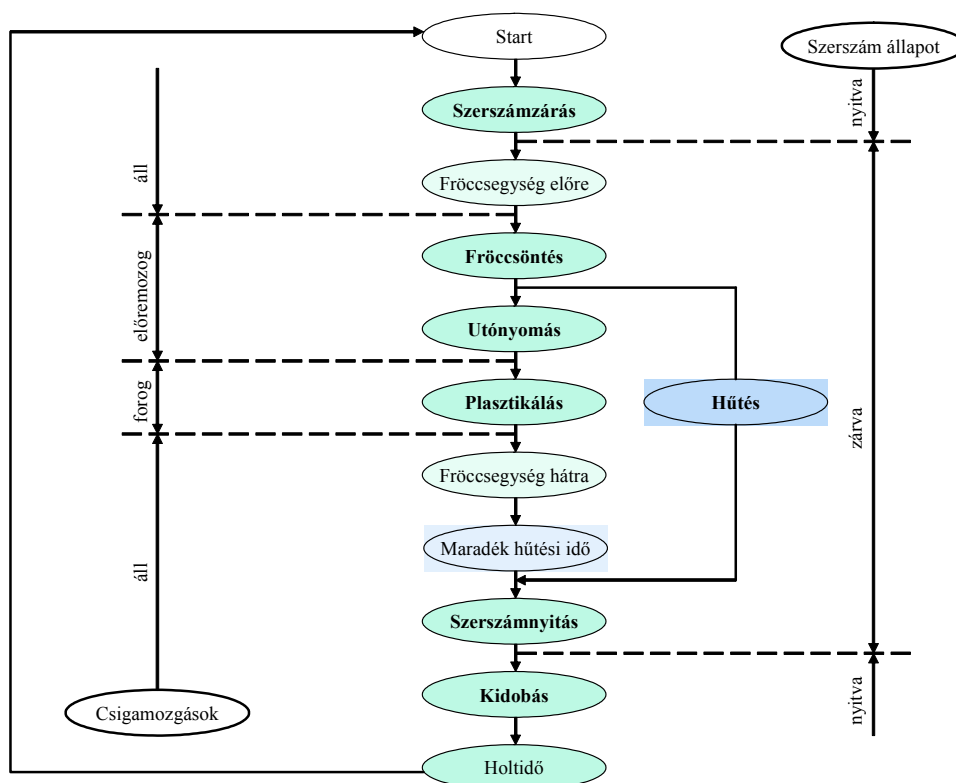
A **vezérlőegység** (1. ábra – 4) feladata a fröccsgép teljes körű felügyelete és a kapcsolattartás biztosítása az *ember és a gép* között.

2.2. A fröccsöntés folyamatának lépései

Fröccsöntéssel leginkább hőre lágyuló (termoplasztikus) műanyagokat dolgoznak fel késztermékké. Ebben az esetben a gyártási folyamat az alábbi lépésekből áll:

- az alapanyag eljuttatása az adagoló tölcserbe (1. ábra – 3).
- az alapanyag szállítása, plasztifikálása azaz megömlesztése és homogenizálása (alakítható állapotban hozás),
- az ömledék bejuttatása (befröccsöntése) a zárt szerszámba, nagy nyomással (alakadás),
- az ömledék lehűtése a hűtött (temperált) szerszámban (alakrögzítés),
- a késztermék eltávolítása a szerszámból.

A fröccsöntés egy ciklusa természetesen a fenti lépésekből épül fel, de azok sorrendjét, illetve egymásra épülését a fröccsöntés elvi folyamatábrájáról érthetjük meg (3. ábra).



3. ábra A fröccsöntési folyamat

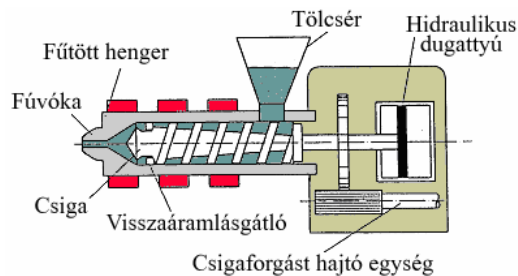
A ciklus megértéséhez látni kell, hogy két ciklus között a szerszám mindig nyitott állapotban van és nincs benne termék. A plasztifikáló- és fröccsegység „nyitott állapotban” van, azaz el van távolítva a fröccsöntő szerszámtól, hogy légrés keletkezzen és így megszűnjön a hőáramlás a fröccsegység irányából a szerszám irányába. Mindezek mellett a fröccsegység már tartalmazza a következő ciklus számára plasztifikált (megömlesztett és homogenizált) alapanyagot.

A ciklus kezdetén először a szerszám, majd a fröccsegység zárása történik meg. Ezt követően a megelőző ciklusban plasztifikált anyagot a csiga, mint egy előremozgó dugattyú nagy nyomással bejuttatja a szerszámüregbe (**befröccsöntés**). Ezután az anyag a szerszámüregben a hűtés hatására megdermed, miközben a fröccsegység – ezzel párhuzamosan – a következő ciklus számára előállítja az ömledéket. A fröccshengerben a forgó csiga szállítja előre az anyagot, amely a külső fűtés és a súrlódási hő hatására megolvad (**plasztifikálás**). Eközben a csiga elé szállított anyag nyomása a csigát hátratólja. Elegendő mennyiségű anyag megömlesztése után a csigaforgás megáll, majd a fröccsegység eltávolodik a szerszámtól, hogy megszűnjön a hőátadás a fűtött csigacsúcs és a hűtött szerszám között. Miután a darab megdermedt, a szerszám kinyílik, és a késztermék eltávolítható (**kidobás**). A fröccsöntés folyamata ezután előlről kezdődik (3. ábra).

2.3. A plasztifikáló- és fröccsegység részei és azok funkciói

A plasztifikáló- és fröccsegység (4. ábra) a folyamat szempontjából a legfontosabb részegység, amelynek fő funkciói az alábbiak:

- az alapanyag megömlesztése,
- az ömledék szállítása, homogenizálása,
- az ömledék tárolása,
- az ömledék befroccsöntése a szerszámba,
- a szükséges utónyomás biztosítása.

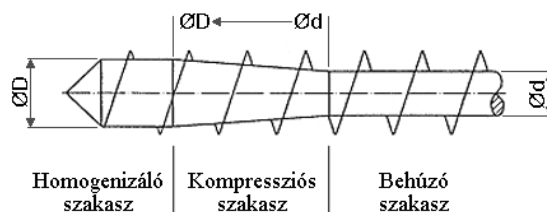


4. ábra Plasztifikáló-, és fröccsegység

A **plasztifikálási folyamat célja**, hogy a szükséges adalékokkal (színezék, égésgátló, antistatizáló, stb.) együtt betáplált granulátum formájú, szilárd polimer mind anyagában, mind pedig hőmérsékletében megfelelően homogenizált (egységes eloszlású) ömledék állapotba kerüljön.

A plasztifikálási folyamat a következő: Az adagoló tölcserből a szilárd alapanyag a gravitáció hatására a csiga behúzó zónájába kerül. Az anyagot a csigacsúcs és a fúvóka irányába a csiga forgómozgása által szállítja, miközben az anyag a szabályozhatóan fűtött hengerfallal való érintkezés és a súrlódás hatására folyamatosan melegszik, végül megolvad. Az ömledék homogenitása (anyagban és hőmérsékletben) a palástfűtéstől, valamint a csiga geometriájától és fordulatszámától függ.

Mivel az ömledéket gyorsan és jól kell homogenizálni, az egyes technológiai folyamatoknak megfelelően a csigát geometriailag általában 3 szakaszra osztják (5. ábra). A csiga hátsó szakasza az etető, vagy más néven **behúzó zóna** ($\varnothing d = \text{állandó}$), amely a szilárd granulátumot az etető tölcserből a fúvóka felé szállítja.



5. ábra Háromzónás csiga (magprogresszív)

A csiga középső (növekedő átmérőjű, tehát magprogresszív) része az ömlesztő, vagy más néven **kompressziós zóna** ($\text{Ød} \rightarrow \text{ØD}$), ahol az anyag megolvad, tömörödik és légtelenedik. A kitoló, vagy más néven **homogenizáló zónában** ($\text{ØD} = \text{állandó}$) történik az ömledék homogenizálása.

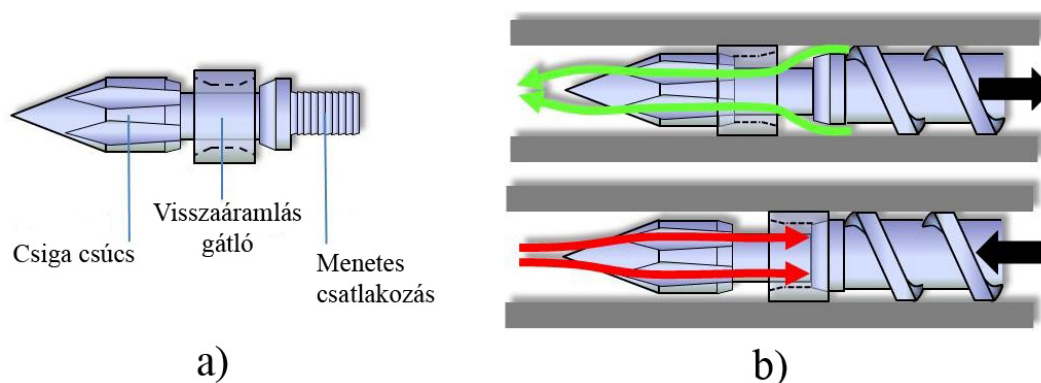
A csiga forgása következtében a fűvókához érkező polimer ömledék nem kerül azonnal a szerszámba. Az anyag szerszámba juttatásának ugyanis nagy sebességgel kell történnie, hogy a polimer ömledék állapotban töltsse ki a szerszámüreget. A plasztifikáló egység teljesítményét nem lehet úgy beállítani, hogy az a jó homogenizálás mellett a kívánt sebességgel be is juttassa az ömledéket a szerszámüregbe. A plasztifikálás és a befröccsöntés között tehát az ömledéket tárolni kell.

Ebből kifolyólag a csigadugattyús fröccsöntőgépgép csigája axiálisan elmozdítható. A fűvóka irányába történő anyagáramlás következtében az ömledék a csigacsúcs előtt gyűlik. Ekkor a csiga – miközben tovább forog – a csigacsúcs előtt ébredő **torlónyomás** hatására hátrafelé elmozdul. Egy meghatározott, előre beállítható visszafutás után a kívánt ömledék mennyiség a csigacsúcs előtt felgyülemlik. Ekkor a csiga forgása leáll, és ezzel együtt a további anyagszállítás is megszűnik.

A csigaház (fröccshenger) szerszám felőli végét a fűvóka (dűzni) zárja le. Ezen a fűvókán keresztül jut majd az ömledék a szerszámba, de a befröccsöntési fázison kívül máskor nem szabad anyagnak kikerülni innét. Ezért a fűvókának – a plasztifikálási folyamat alatt – zárhatónak kell lennie.

A **befröccsöntés** – a plasztifikáló- és fröccsegység másik fontos feladata – a csigacsúcs előtt összegyűlt plasztifikált és homogenizált ömledék bejuttatása a zárt szerszámba. Ezt nagyon gyorsan kell végrehajtani, nehogy a hideg szerszámmal érintkező ömledék még idő előtt megdermedjen. Mivel az ömledéknek viszonylag nagy a viszkozitása, a gyors befröccsöntéshez nagy nyomás szükséges. Ezt az axiális mozgást és a nagy nyomás kifejtését a hidraulikus dugattyú biztosítja (4. ábra). Természetesen ezt a folyamatot is szabályozni kell, nehogy a szerszám, illetve az ömledék túlzott igénybevételnek legyen kitéve.

A befroccsöntési fázis alatt gondoskodni kell arról is, nehogy visszafelé áramoljon az ömledék. Erre szolgál az ún. visszaáramlásgátló, amely mindaddig megakadályozza az ömledék hátrafelé áramlását, ameddig a csigacsúcs előtt nagyobb a nyomás, mint mögötte (6. ábra).



6. ábra Visszaáramlásgátló részei (a) és működési elve (b)

A nagysebességű befroccsöntést követően az ömledék a hűtött (temperált, azaz állandó hőmérsékleten tartott) szerszámműregben lehül és eközben zsugorodik. Az ekkor fellépő térfogatesőket további ömledékadagolással még pótolni kell. Ez az ún. **utónyomás** szakasza, amikor is a csiga még lassan előre mozog, további ömledéket juttat a szerszámba mindaddig, amíg – általában a legszűkebb keresztmetszetben – meg nem szilárdul az anyag (lepecsételődési pont). A csigacsúcs előtt tehát a teljes folyamat alatt egy ömledék tartaléknak kell lennie, és ezen a párnán keresztül adódik át a csigadugattyú nyomása.

Az utónyomás befejezése után a csiga forogni kezd és ezzel együtt a torlónyomás hatására axiálisan hátrafelé elmozdul mindaddig, amíg a következő befroccsöntéshez szükséges anyagmennyiség plasztifikálását el nem végzi. Közben a szerszámműregben megszilárdul az ömledék. A késztermék kellő merevségének elérése után a szerszám kinyílik, a gyártmány eltávolítható, majd egy adott várakozási idő után a szerszám ismét zár, és kész az új ömledék befogadására. A nyitási- és zárási sebességek a korszerű gépeken már szabályozhatóak.

3. A mérés során használt gépek, berendezések

KUASY 100/25 FRÖCCSÖNTŐGÉP (7. ÁBRA)

Maximális adagsúly: 100 g (PS)

Maximális záróerő: 25 t

Zárás: Könyökemelő
(Hidromechanikus)

Oszloptávolság: 280*280 mm

Csigaátmérő: 35 mm



7. ábra KuASY fröccsöntőgép

ARBURG ALLROUNDER 370S FRÖCCSÖNTŐGÉP (8. ÁBRA)

Maximális adagsúly: 172 g (PS)

Maximális záróerő: 60 t

Zárás: Hidraulikus

Oszloptávolság: 370*370 mm

Csigaátmérő: 35 mm

Maximális fröccsnyomás: 2500 bar



8. ábra ARBURG Allrounder 370S típusú fröccsöntőgép

4. A témához kapcsolódó fontosabb szavak angolul, németül

Magyar	Angol	Német
fröccsöntés	injection molding	Spritzgiessen
fröccsegység	barrel	Plastifizier-einheit
beömlőcsatorna	sprue	Anguss (Zapfen, Kegel, Stange)
elosztócsatorna	runner	Verteilungskanal (Angussverteiler)
csigadugattyú	reciprocating screw	Schnecke
fröccsnyomás	injection pressure	Spritzdruck
utónyomás	holding/packing pressure	Nachdruck
szerszám	mold	Werkzeug
hűtés	cooling	Kühlung
zsugorodás	shrinkage	Sohrumpfen
vetemedés	warpage	Verziehen
összecsapási vonal	weld line	Bindenaht
záróerő	clamping force	Schliesskraft
szerszámzáró egység	clamping unit	Schliesseinheit

5. Ajánlott irodalom

1. Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
2. Dunai A., Macskási L.: Műanyagok fröccsöntése, Lexica Kft., Budapest, 2003

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Név:

Jegy:

Neptun kód:

Dátum:

Ellenőrizte:

Gyakorlatvezető:

1. Feladat

- A KuASY fröccsgépen a paraméterek beállítása a megfelelő termékminőség eléréséhez.
- A beállított gép ciklusának vizsgálata – a ciklusdiagramokhoz szükséges értékek mérése (ciklusidő, szerszámzárási idő, szerszámnyitási idő, zónahőmérsékletek, stb.).
- A mért értékek alapján a ciklusdiagramok megrajzolása.

2. Alapadatok, mért és számított eredmények

Zónahőmérséklet

A fűvókánál: [°C]

Középen: [°C]

A toroknál: [°C]

Alapanyag:

Sűrűség: [g/cm³]

Adagsúly: [g]

Fröccstérfogat: [cm³]

Fröccsnyomás: [MPa]

Utónyomás: [MPa]

Fröccsnyomás ideje: [s]

Utónyomás ideje: [s]

Csiga elmozdulás a befroccsöntéskor: [mm]

Csiga elmozdulás az utónyomásakor: [mm]

Szerszám zárási idő: [s]

Fröccsegység zárási idő: [s]

Szerszám nyitási idő: [s]

Fröccsegység nyitási idő: [s]

Csigaforgási idő: [s]

Hűtési idő: [s]

A fröccsöntés ciklusideje: [s]

3. A fröccsöntés ciklusdiagramja

