

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

FOLYAMATOS ÖNTÉS ÉS TÉRFOGATVÁLTOZÁS

dr. Réger Mihály¹⁾, Szélig Árpád²⁾, dr. Verő Balázs³⁾, Magyar István, Králik Gyula⁴⁾,

¹⁾ Bánki Donát Műszaki Főiskola, Budapest

²⁾ Dunafer Acélművek Kft., Dunaújváros

³⁾ Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet, Budapest

⁴⁾ Dunafer Kutatóintézet, Dunaújváros

Abstract: The paper deals with volume changes, which are developed during the solidification of continuously cast slabs. Two different types, inner and outer volume change constraints can define, and the difference between them has a great effect on the inner quality of slab. On the basis of investigating of steady state conditions some consequences can be taken on non-steady state processes.

1. Bevezetés, előzmények

Acél brammák folyamatos öntése során az öntött szál megdermedése viszonylag hosszú időt igényel. A hagyományos öntőgépek geometriai és sebességviszonyai között a 0,5 m/perc sebességgel öntött szál mintegy 20 perc alatt szilárdul meg teljes keresztmetszetében, eközben a szál az öntőgépben 10 m-nyi távolságot tesz meg, vagyis a tócsamélység 10 m körül van.

Állandósult állapotú viszonyok között a kristályosítóba beáramló olvadék hőtartalma és az öntőgép különböző szerkezeti egységeiben elvont hőmennyiség között egyensúly van. A dermedési folyamat közben kialakuló, kristályosodással összefüggő térfogatváltozásból adódó méretváltozásokkal az öntőgép szerkezeti elemeinek (kristályosító, támgörgők) beállításai meghatározott összhangban kell legyenek, az öntés során bekövetkező repedések, szelvénytorzulások, nemkívánt áramlási, dúsulási folyamatok elkerülése érdekében. Különleges problémákat vethet fel az, hogy normál üzemmenet során nem állandósult állapotú jelenségek is történnek, pl. a szál gyorsítása, vagy lassítása során.

Mind az állandósult, mind a nem állandósult viszonyok között a fenti problémák a kristályosodás közben kialakuló térfogatváltozásokkal is kapcsolatosak. Az elmúlt időszakban egy olyan számítási módszer kidolgozására tettünk kísérletet, mellyel a kristályosodási folyamatból és az öntőgép szerkezeti elemeinek beállításából adódó geometria összhangja ellenőrizhető, számítható. Az állandósult állapotra vonatkozó számítások alapján – bizonyos feltételezések mellett – a nem állandósult viszonyok között kialakuló tendenciák becslésére is lehetőség van.

2. Elméleti háttér, és számítási metodika

A kristályosodás során kialakuló térfogatváltozás nyomonkövetése leginkább azért problematikus, mert a folyamat során szinte minden paraméter – a brammák keresztmetszetében és hosszában is - folyamatosan változik. A dermedés során megnő az öntött szál sűrűsége, változik a fajtérfogata, a lineáris mérete, stb., miközben a szálban belső lunkerek, pórusok képződését sem lehet kizárni. A szál belsejében elhelyezkedő folyékony olvadékmag ferrosztatikus nyomása a meniszkusztól mért távolság függvényében nő, melynek hatására a kéregben alakváltozási folyamatok történnek, ezek az öntött szál vastagsági és szélességi méretének növekedése irányában hatnak.

A vázolt nehézségek miatt – némileg leegyszerűsítve a fenti problémakört - két, különböző módon értelmezett térfogatváltozási mérték fogalmát vezettük be az alábbiak szerint:

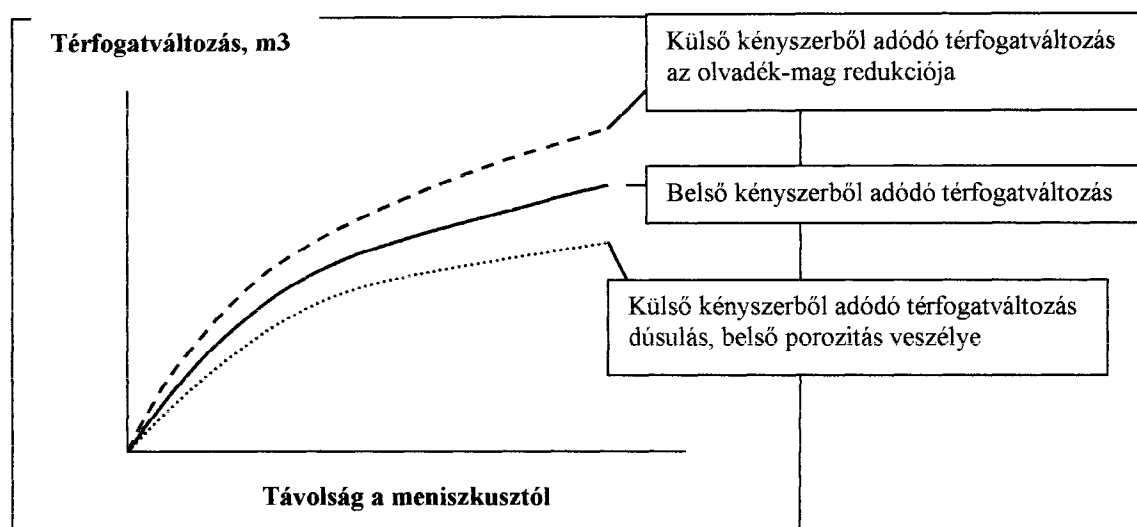
- Állandósult állapotban (ha az öntési paraméterek állandóak) a ferrosztatikus nyomás, a szilárd kéreg mechanikai viselkedésének eredményeként, valamint az öntőgép szerkezeti elemeinek elhelyezkedéséből adódóan kialakul az öntött szál geometriája. Tegyük fel, hogy a szelvény minden metszetében a széles és keskeny oldalak alakváltozása kívülről korlátozott, bár ez valójában csak a vastagsági méretre, és arra is csak részben igaz. A kristályosító és a támgörgők beállításának eredményeképpen tehát a meniszkusztól lefelé haladva az öntött szál keresztmetszete folyamatosan csökken, mely csökkenésből a szál adott szakaszára számítható egy térfogatváltozás. Legyen ez a külső kényszerből adódó térfogatváltozás.

- Definiálható emellett egy ún. belső kényszerre visszavezethető térfogatváltozás is, melynek oka a lehűlő és kristályosodó acél sűrűségének növekedésében rejlik. Ez a térfogatváltozás három komponensből tevődik össze: egyrészt az olvadéknak az öntési hőmérséklet és a likvidusz közötti fajtérfogat csökkenéséből, másrészt az olvadék kristályosodásával együjtjáró fajtérfogat változásból, harmadszorban pedig a már kristályos kéreg további hűlésével kapcsolatos fajtérfogat csökkenésből.

A fenti értelmezés szerinti belső és külső kényszerből adódó teljes térfogatváltozás az öntés egészére nézve azonos, ha a belső lunkerek és pórusok hatásától eltekintünk. A kétféle térfogatváltozás összhangjához azonban az is szükséges, hogy a térfogatváltozások az öntési folyamat során az idő függvényében is illeszkedjenek egymáshoz.

A buga belső minősége, a belső dúsulás, porozitás, lunkeresség szoros összefüggésben van a térfogatváltozások egymáshoz viszonyított arányával. Ha a külső kényszer kisebb, mint a belső, akkor a szál középső részének kristályosodása során olvadék utánpótlásra van szükség. Ezt az esetet illusztrálják a 1. ábra diagramjának középső (belső kényszerből adódó térfogatváltozást reprezentáló) és alsó (a belső kényszersnél kisebb külső kényszerszert ábrázoló) görbéi. Ha van lehetőség olvadék beszivárgására a szál felsőbb részeiből, akkor dúsulási veszély áll fenn, ha pedig nincs olvadékáramlásra lehetőség a kristályosodási hídképződés következtében, akkor porozitás, lunkeresség fordulhat elő. Fordított esetben, ha a külső kényszer nagyobb, mint a belső, akkor az utoljára megdermedő olvadék mintegy kipréselődik a pépes zónából, így a dúsulás és lunkeresség kialakulásának esélye is csökken (lásd. a 1. ábra felső, a belső kényszersnél nagyobb térfogatváltozást reprezentáló görbéje). Ezen a jelenségen alapul a folyamatos öntés új elemeként nemrég kifejlesztett olvadék-mag redukciós eljárás.

Az elvégzett számítások célja a térfogatváltozással kapcsolatos viszonyok ellenőrzése volt a Dunai Vasmű Acélművek Kft. függőleges folyamatos öntőgépére vonatkozóan. A fentiekből is kiderül, hogy a térfogatváltozások pontos meghatározásához egy sor specifikus adat szükséges. Ezek egy része mérhető, másrésze viszont csak matematikai modellekből becsülhető. Számításaink során nagymértékben támaszkodtunk a helsinki egyetemen kifejlesztett matematikai modellekre, szoftverekre, nevezetesen az acélok fizikai jellemzőinek számítására szolgáló IDS és az állandósult állapotú folyamatos öntést leíró TEMPSIMU szoftverre.

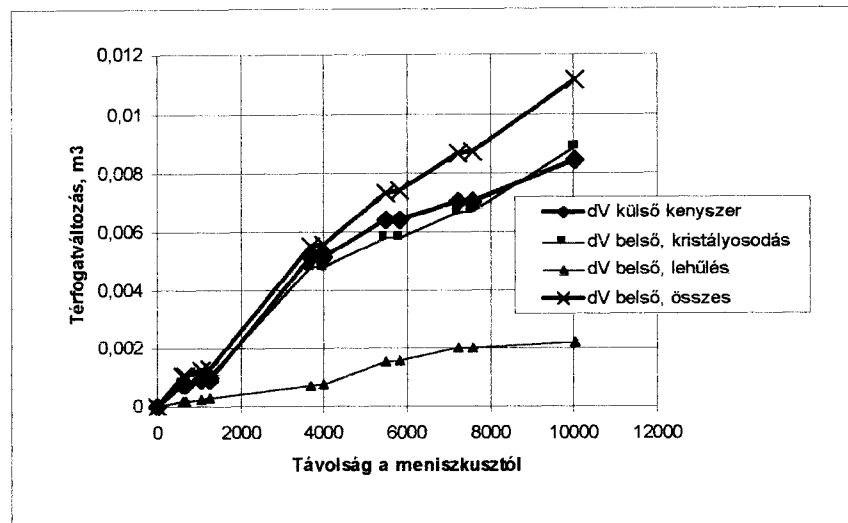


1. ábra Vázlat a külső és belső kényszerek viszonyának értelmezéséhez

3. Eredmények, következtetések

A külső és belső kényszerből származó térfogatváltozások halmozott összegét mutatja be a 2. ábra. Ebből, az előző fejezetben tárgyalt feltételezések alapján az alábbi főbb következtetések vonhatók le:

- A külső kényszerből adódó térfogatváltozás az öntőgép minden egységében kisebb, mint a belső kényszer okozta összes térfogatváltozás. Ez azt jelenti, hogy amint a szál halad lefelé, a kristályosodás eredményeként képződött térfogathiányt nem kompenzálja a külső, geometriából adódó térfogatcsökkentés, azaz az így létrejött térfogatrészekbe a szál felső részéről olvadék áramolhat. Ha az olvadék áramlására nem adottak a feltételek (pl. híd képződés miatt), akkor ezeken a részekben belső lunkerek képződésére lehet számítani.
- A belső kényszerként értelmezett térfogatváltozás két komponense közül a kristályosodásból adódó rész a vizsgált szakaszokban a teljes érték 80 %-a körül mozog, azaz ez a meghatározó, döntő hányad. A kristályosodás befejeződése után a szilárd fázis hűléséből adódó komponens lesz a döntő a buga átlaghőmérsékletének változása függvényében.
- A külső és a belső kényszerből adódó térfogatváltozási görbe az öntőgép első szakaszában jó közelítéssel együtt halad, a különbség a meniszkusztól számított negyedik méterről viszont határozottan nő.



2. ábra A külső és belső kényszerekből származó halmozott térfogatváltozások

4. Összefoglalás

Az előadás folyamatosan öntött acélok kristályosodásával kapcsolatos térfogatváltozási jelenségekkel foglalkozik, bemutat egy számítási módszert és az eredmények interpretációjának lehetőségét is vázolja. Maga a számítási eljárás egyszerű, hiszen geometriai megfontolásokon alapul, viszont több olyan bemenő adat ismeretét is feltételezi, amelyek primer módon nem állnak rendelkezésre. Ezen adatok két csoportra oszthatók. Egyik részük más matematikai modellekből kiszámíthatóak, becsülhetőek, mint pl. sűrűség hőmérsékletfüggése egy adott összetételű acél esetében, vagy pl. a szilárd kéreg vastagságának változása a meniszkustól való távolság függvényében, stb. Fontos hangsúlyozni, hogy a térfogatváltozásra vonatkozó számítások ilyen, megbízható és kontrolált modellek hiányában el sem végezhetők. A szükséges adatok másik része elvileg mérésel meghatározható (pl. a széles oldali méret változása állandósult, vagy nem állandósult állapotban), de jelenleg ezekre vonatkozóan csak becsléseink vannak.

Az előadás alapvetően azonban nem is a konkrét értékek tükrében kívánja értékelni az eredményeket, hiszen ezek alapvetően a bemenő adatok pontosságán múlnak. Fontosnak tarjuk viszont, hogy a fenti gondolatmenet tükrében új megvilágításba kerülhet a gépészeti, technológiai paraméterek és az öntött szál minősége közötti kapcsolat, hiszen ez utóbbi, pl. a belső lunkerek vonatkozásában egyértelműen összefüggésbe hozható a külső és belső térfogatváltozások egyensúlyával. A két görbe egymáshoz viszonyított helyzetének, alakjának módosításán, vagyis gépészeti és technológiai paraméterek változtatások hatására lehetőség adódik a bramma belső szövetszerkezetének javítására.

Dr. Réger Mihály

Budapesti Műszaki Főiskola, H-1092, Budapest, Népszínház u. 8.

Tel.: 1-3141438, Fax: 1-3336761

E-mail: reger@zeus.banki.hu