بررسي اثر سرعت ورود مذاب به محفظه قالب بر سلامت و خواص مكانيكي در ريخته گري آلياژهاي منيزيم (AZ91C)

عليرضا ميرک [۱]، مهدي ديواندري*[۲]، مهرشاد زبردست[۳] و سيد محمد علي بوترابي[۴]

[۱] دانشجوي دكتري دانشكده مهندسي مواد - دانشگاه علم و صنعت ايران

[۲] استاديار دانشكده مهندسي مواد - دانشگاه علم و صنعت ايران

[۳] دانش آموخته كارشناسي ارشد دانشكده مهندسي مواد - دانشگاه علم و صنعت ايران

[۴] استاد دانشكده مهندسي مواد - دانشگاه علم و صنعت ايران

(تاريخ دريافت ۸۵/۲/۲، تاريخ دريافت روايت اصلاح شده ۸۵/۷/۲۴، تاريخ تصويب ۸۵/۸/۲۰)

چكيده

مذاب منيزيم در مجاورت هوا سريعا" اكسيد شده و موجب تشكيل فيلم سطحي اكسيدي بر روي مذاب مي شود، در نتيجه هرگونه تلاطم سطحي در ريخته گري منيزيم، منجر به ورود لايه هاي اكسيدي جامد به داخل مذاب ميشود. كمبل نشان داد كه براي هر فلز در حالت مذاب يک سرعت بحراني وجود دارد كه در بالاتر از آن تلاطم سطحي ايجاد مي شود[۱]. در اين تحقيق با بررسي اثر سرعت ورود مذاب به قالب (تلاطم سطحي) بر روي خواص مكانيكي آلياژ ريختگي منيزيم AZ91C، ارتباط مورفولوژي مذاب ورودي به قالب و چگونگي رفتار جريان مذاب در قالب در سرعت هاي اوليه مختلف بررسي شد. تغيير سرعت مذاب در لحظه ورود به قالب توسط تغيير سطح مقطع راهباره در يک قالب كف ريز ايجاد شد. سپس به منظور مشاهده و مقايسه توزيع عيوب و وسعت منطقه حفرات انقباضي (منطقه گرم) ناشي از جهت نامناسب انجماد، صفحات ريخته شده راديو گرافي شدند. براي مشاهده مستقيم جريان مذاب از تكنيك شيشه گذاري و تصوير برداري از جريان مذاب در سيستم راهگاهي و حفره قالب استفاده گرديد. آزمايش خمش سه نقطه اي براي مقايسه خواص مكانيكي صفحات ريخته شده در سرعت هاي مختلف و در جهت افقي انجام گرديد. سطح شكست نمونه هاي انتخاب شده از آزمايش خمش توسط ميكروسكپ الكتروني آزمايش شدند. نتايج حاصل از اين پژوهش نشان داد كه سرعت مذاب در لحظه ورود به قالب اثر مهمي بر خواص مكانيكي و عملكرد قطعات ريختگي دارد، به گونه اي كه با كاهش سرعت به كمتر از سرعت بحراني، تلاطم سطحي مذاب كاهش مي يابد، لذا مي توان انتظار خواص استحكامي بهتري را داشت. با دقت در تصاوير مربوط به ورود مذاب به قالب ملاحظه مي شود كه مورفولوژي مذاب ورودي به محفظه قالب در سرعت هاي كمتر از ۰/۳ m/s بصورت لايه اي و در سرعت هاي حدود ۰/۵ m/s به فارچي شكل و در سرعت هاي بالاتر ، تبديل به مورفولوژي فواره اي مي شود. بنابراين در صورتيكه ريخته گري مذاب منيزيم در سرعت كمتر از ۰/۳ انجام شود ، قطعات سالم توليد خواهد شد. تلاطم سطحي و وجود منطقه گرم در قالب هاي كف ريز ناشي از جهت نامناسب انجماد، سبب كاهش خواص مكانيكي مي شوند، ليكن تاثير تلاطم سطحي در اين كاهش به مراتب بيشتر از منطقه گرم مي باشد. بعلاوه خواص مكانيكي نمونه ها با فاصله گرفتن از راهباره و كاهش تلاطم بهبود مي يابد.

واژه هاي كليدي: سرعت بحراني - تلاطم سطحي - فيلم اكسيدي - AZ91C - خواص مكانيكي

مقدمه

سطح مذاب فلزات و آلياژها در مجاورت با هوا و گازهاي قالب واكنش داده و تشكيل يک لايه اكسيدي سطحي مي دهند. اين لايه‌ها در تمامي مراحل ذوب و ريخته گري وجود داشته و همراه مذاب مي باشند و حتي با فيلتر كردن مذاب در مراحل مختلف نيز به طور كامل حذف نشده و يا به هنگام ورود مذاب به قطعه ريختگي مجددا تشكيل مي شوند[۱].

لايه هاي اكسيدي كه ساختاري سراميكي و شكننده نسبت به آلياژ پايه دارند، چنانچه در اثر ريخته گري متلاطم به درون مذاب، وارد شوند، پس از انجماد، خواص مكانيكي قطعه را بشدت كاهش داده[۲] و منشاء تشكيل عيوب ريخته گري از جمله مک هاي گازي و انقباضي و ترک در قسمت هاي مختلف قطعات ريختگي مي شوند[۳]. مهم ترين عاملي كه سبب تشديد و افزايش تاثير فيلم هاي اكسيدي در قطعات ريختگي مي شود، تلاطم سطحي مذاب در مراحل مختلف ريخته گري است[۱]. تلاطم سطحي مذاب، فيلم سطحي اكسيد را تحت تنش قرار داده و سبب شكسته شدن آنها و در نتيجه

* نويسنده مسئول : تلفن : ۷۳۹۱۲۸۰۱ ، فاكس : ۷۷۲۴۰۴۸۰ ، Email:divandari@iust.ac.ir

باعث افزايش سطح آزاد مذاب و اکسيداسيون بيشتر و سپس تشکيل فيلم سطحي جديد مي شود[۲]. شکل (۱) شماتيک چگونگي تشکيل لايه هاي اکسيدي جديد که بر اثر تلاطم سطحي بر روي هم تاخورده اند را نشان مي دهد[۱]. تحقيقات در زمينه کنترل تلاطم سطحي در هنگام ريخته گري براي آلياژهاي مختلف (به ويژه آلياژهاي حساس به تشکيل فيلم مانند منيزيم و آلومينيم) در سالهاي اخير مورد توجه قرار گرفته است[۳،۱].

ريخته گري آلياژهاي منيزيم بدليل سرعت اکسيداسيون بالا و تشکيل لايه غير محافظ اکسيد بر روي سطح مذاب از اهميت ويژه اي برخوردار است[۴]. محققان نشان دادند که در هنگام ريخته گري، سرعت اوليه مذاب در محدوده بين ۰/۳ تا ۰/۵ متر برثانيه ، به عنوان سرعتي مطمئن به منظور پيش گيري از اختلاط فيلم هاي اکسيدي در مذاب است.

Runyoro نشان داد که کيفيت مناسب ريخته گري مي تواند توسط نگه داشتن سرعت مذاب آلياژ آلومينيم در لحظه ورود به حفره قالب نزديک به ۰/۳ m/s براي صفحات با ضخامت ۱۰mm و ۰/۵ m/s در شرايط بدون قالب حاصل شود [۵]. Halvaee ماکزيمم سرعت مذاب براي آلياژ هاي برنز را ۰/۳۷۱ m/s محاسبه کرد [٦]. Bahrinian، سرعت بحراني در آلياژ منيزيم (ZK51) را تقريبا"۰/۵ m/s نشان داد که اين مقدار تا ۰/۲۵m/s در شرايط وجود قالب با ضخامت ۱۰mm کاهش مي يابد [۷].

جدول (۱) نتايج پژوهش تعدادي از محققان در زمينه سرعت بحراني را نشان مي دهد[۹- ۵]. مفهوم سرعت بحراني اولين بار توسط کمبل ارائه گرديد. فشاري که تمايل به آشفتگي سطحي دارد، فشار داخلي ρV^2 در داخل مذابي با دانسيته ρ و سرعت v است. نسبت بين نيروي مقاومت کننده در برابر تلاطم و تنش سطحي $\frac{2\gamma}{r}$ (r شعاع هلاله جبهه مذاب و γ تنش سطحي مذاب است) عدد وبر تعريف مي شود. در محدوده اي که سرعت مذاب به اندازه کافي بالا باشد، سطح مذاب به خارج از جبهه کروي آن تجاوز مي کند، بنابراين در سرعتي که مذاب بتواند بر ماکزيمم مانع کشش سطحي مذاب غلبه کند. خواهيم داشت:

$$\rho v^2 = \frac{2\gamma}{r} \qquad (۱)$$

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma}{\rho r}} \qquad (۲)$$

اين فرمول تعريفي از سرعت بحراني مذاب ميدهد که در بالاتر از آن با غلبه بر نيروي تنش سطحي، سطح مذاب شکسته شده و تلاطم سطحي رخ مي دهد. براي مذاب منيزيم $\gamma = 0.595 m/s$ و $\rho = 1590 kg/m^3$ ، اگر شعاع جبهه مذاب در محدوده ۲/۵تا ۵ ميليمتر باشد، سرعت بحراني براي مذاب منيزيم دراين شرايط در محدوده m/s ۰/۵۴ -۰/۳۴ است. هدف از انجام اين پژوهش تحقيق در محدوده سرعت بحراني آلياژ منيزيم AZ91C و بررسي تاثير تلاطم سطحي مذاب بر خواص مکانيکي مي باشد. بنابراين اصول و مباني علمي اي که در طراحي سيستم راهگاهي و کنترل تلاطم سطحي و به ويژه تئوري سرعت بحراني مطرح بوده است بکار گرفته شده و نتايج آن مورد ارزيابي قرار گرفته است.

روش تحقيق

آلياژ منيزيم - آلومينيمAZ91C مورد استفاده در اين تحقيق با ترکيب شيميايي ارائه شده در جدول (۲) انتخاب گرديد. مدل صفحه اي شکل (Plate) به ابعاد mm ۱۰×۱۴۰×۲۰۰ و سيستم راهگاهي کف ريز و قالبگيري با ماسه سيليسي و چسب سيليکات سديم به همراه دمش CO_2بعلاوه مقداري پودر گوگرد بعنوان بازدارنده استفاده شد. سرعت اوليه مذاب توسط تغيير سطح مقطع راهباره کنترل گرديد. شکل (۲) شماتيک ابعاد سيستم راهگاهي را نشان مي دهد. راهباره هاي مورد استفاده به ضخامت mm ۱۰ و ارتفاع mm ۴۰ انتخاب گرديدند. پهناي راهباره با توجه به سرعت هاي مختلف مورد نياز از ۷ الي ۳۰ ميليمتر تغيير داده شد. محاسبه سرعت تئوري بر اساس ارتفاع موثر به اين صورت انجام گرفت که با توجه به ارتفاع بارريز (۲۱۰mm)، ارتفاع حوضچه مذاب (۲۰mm) و ارتفاع راهباره (۴۰mm) ارتفاع موثر برابر است با:

$$h_e = (۲۱۰+۲۰) - ۴۰ = ۱۹۰ \text{ mm} \qquad (۳)$$

بنابراين سرعت تئوري ورود مـذاب بـه قالـب (نيـروي محركه) برابر است با:

$$V = \sqrt{2gh_e}$$

(۴)

$$V=(۲\times۱۰\times۱۹۰/۱۰۰۰)^{۱/۲}=۱/۹۵ \quad m/s$$

(۵)

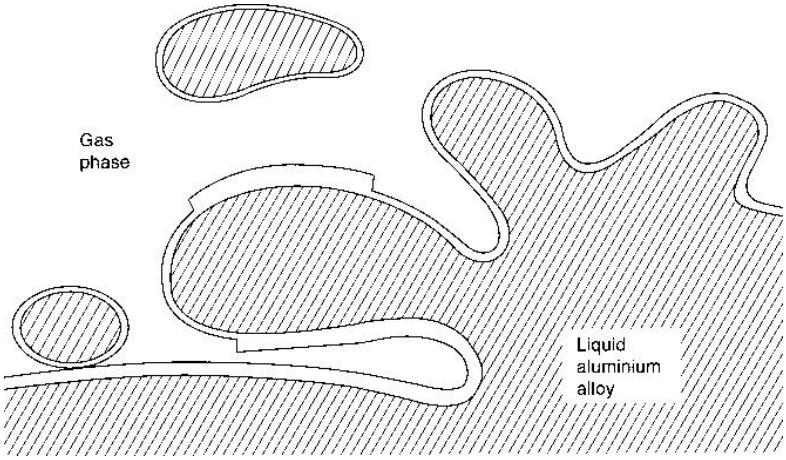
به منظور جلوگيري از اكسيداسيون مذاب در هنگام ذوب و ريخته گري، از اتمسفر SO_2 در كوره استفاده گرديد. با جايگذاري دو شيشه بر روي هم در جلوي قالب امكان تصوير برداري از حركت مذاب درون قالب فراهم گرديد. تصوير برداري توسط دوربين Sony Mini Dv انجام شد. براي محاسبه سرعت واقعي مذاب در هنگام ورود به داخل قالب، با بدست آوردن زمان عبور مذاب از راهباره و همچنين مشخص بودن ارتفاع راهباره كه برابر با ۴cm بود، سرعت ورود مذاب به قالب با استفاده از رابطه زير محاسبه گرديد.

$$V = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

(۶)

آزمايش راديوگرافي بر روي كليه صفحات ريخته شده در سرعت هاي اوليه مختلف انجام شد و توزيع عيوب ماكروسكپي ريختگي مشاهده گرديد. اساس مشخصات اين آزمايش در جدول (۳) ارائه شده است.

آزمايش خمش سه نقطه اي مطابق شكل (۳) بر روي كليه صفحات ريختگي در سرعت هاي اوليه مختلف انجام پذيرفت. برش صفحات و تهيه نمونه هاي خمش توسط اره نواري انجام گرفت. عمليات برش در اين مرحله با سرعت آهسته و بدون استفاده از هيچ گونه روان ساز و خنک كننده اي صورت پذيرفت. انجام آزمايش خمش در مورد تمامي نمونه هاي ريختگي در دماي محيط بر مبناي استانداردASTM E-290، انجام گرديد[۱۰]. سطح شكست نمونه هاي آزمايش خمش توسط ميكروسكوپ الكتروني مدل Phoenix 2500 مورد مطالعه قرار گرفت.



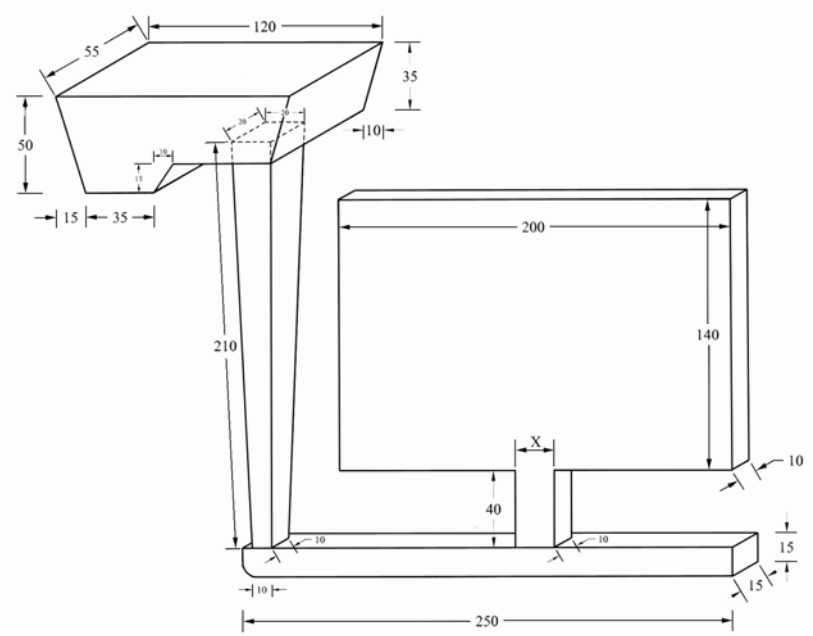
شكل ۱: شماتيک تشكيل لايه هاي اكسيدي جديد و ورود لايه هاي سطحي به درون مذاب آلومينيم بر اثر تلاطم سطحي[۱] .

جدول ۱: نتايج پژوهش تعدادي از محققان در زمينه سرعت بحراني.

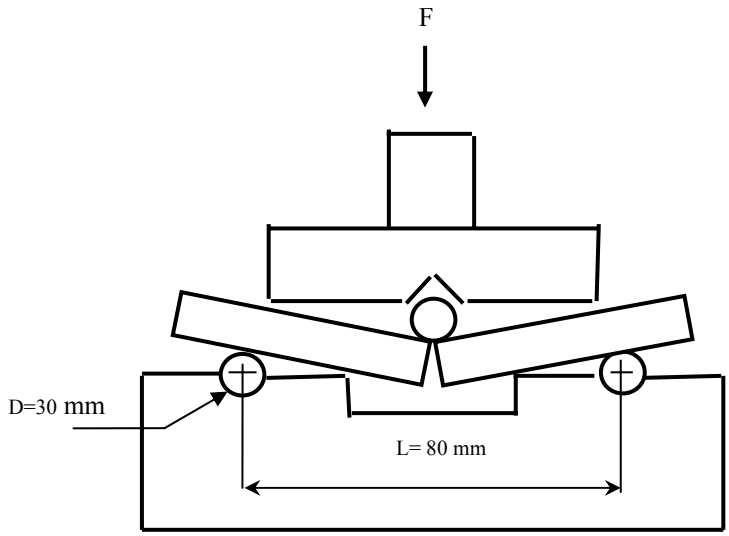
Reasercher	Alloy	Thickness	velocity m/s	year
Eastwood, Grube	Al-10Mg	6mm	0.5	1950
Suzuki	Al		0.4	1998
Runyoro, Campbell	Al	5mm	0.5	1992
Halvaee,Campbell	Cu-10Al	10 mm	0.375	1995
Bahrinian, Buotorabi	ZK51		0.5	1996

جدول ۲: تركيب شيميايي آلياژ AZ91C .

AZ91	Al	Mn	Zn	Mg
Composition	8.7	0.5	0.1	Base



شكل ۲ : ابعاد سيستم راهگاهي كف ريز با خط جدايش عمودي (تمامي ابعاد به ميليمتر مي باشد).



شكل ۳ : شماتيك آزمايش خمش سه نقطه اي.

جدول ۳: مشخصات فني دستگاه راديوگرافي.

Type of Radiation	X
Distance of beam generation source to sample surface	60 cm
Voltage	130 KV
Current	5 mA

نتايج آزمايش

جدول (۴) نتايج حاصل از اندازه گيري سرعت اوليه مذاب را در سطح مقطع هاي راهباره مختلف نشان مي دهد. ملاحظه شده است كه با كاهش سطح مقطع راهباره، سرعت اوليه ورود مذاب به حفره قالب افزايش مي يابد. شكل (۴) نشان مي دهد كه با افزايش سرعت اوليه مذاب، دبي جريان كاهش مي يابد در حاليكه ضريب تخليه تقريبا" افزايش يافته است. از آناليز تصاوير بدست آمده

توسط نرم افزار فتو شاپ، مورفولوژي جت مذاب در لحظه ورود به قالب و حركت جبهه مذاب درون قالب مدل سازي گرديد كه در شكل هاي (۵) الي (۷) نشان داده شده است[۱۱].

شكل (۸)، نمودار ارتفاع تاج مذاب بر اساس زمان در سرعت هاي اوليه مختلف را نشان مي دهد. ملاحظه مي شود كه با افزايش سرعت اوليه مذاب، مقدار ارتفاع جهش مذاب بداخل حفره قالب افزايش يافته است و نمودار دچار افت و خيز مي شود.

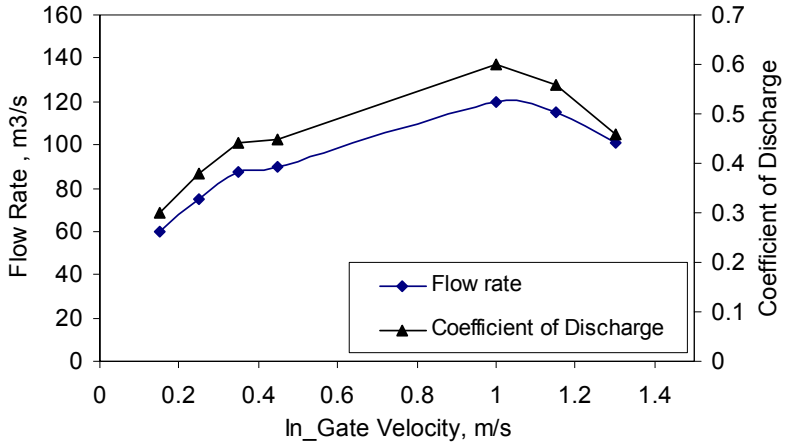
شكل (۹)، اختلاف ارتفاع سطح بالايي و پاييني جبهه حركت مذاب به عنوان معياري براي تلاطم مذاب براي تمام صفحات نشان داده شده است

انجام آزمايش راديو گرافي در مورد صفحات ريخته گري، توزيع عيوب گازي و انقباضي موجود در صفحات، از جمله وسعت و شدت منطقه حفره هاي انقباضي را در سيستم كف ريز، نمايان كرد. بنابراين با تفسير اين تصاوير، عامل اصلي شكست در آزمايش خمش نمونه ها مشخص مي-شود. (شكل ۱۰)،

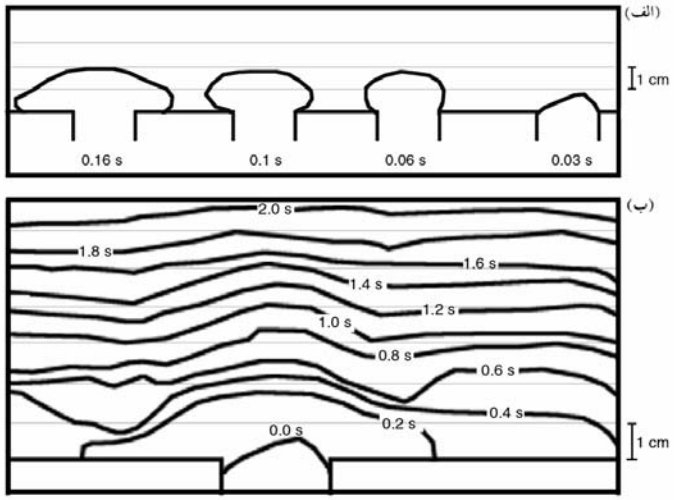
به منظور تشخيص عيوب و حفرات داخلي از عيوب و تخلخل هاي سطحي، عيوب داخلي توسط دوايري مشخص شده است. همچنين محل هر نمونه خمش نيز در تصاوير مشخص شده است. نمودارهاي استحكام خمشي بر حسب فاصله از راهباره، در سرعت هاي مختلف براي تمامي صفحات در شكل (۱۱) ارائه شده است. شكل (۱۲)، تصوير SEM از سطح شكست نمونه ريخته شده در شرايط متلاطم را نشان مي دهد. تصوير شامل حفره هاي انقباضي و فيلم هاي اكسيدي مي باشد. به منظور آناليز شيميايي سطح شكست، از تكنيك EDX استفاده شد (شكل ۱۳).

جدول۴ : اطلاعات بدست آمده از ريخته گري صفحات به ضخامت ۱cm.

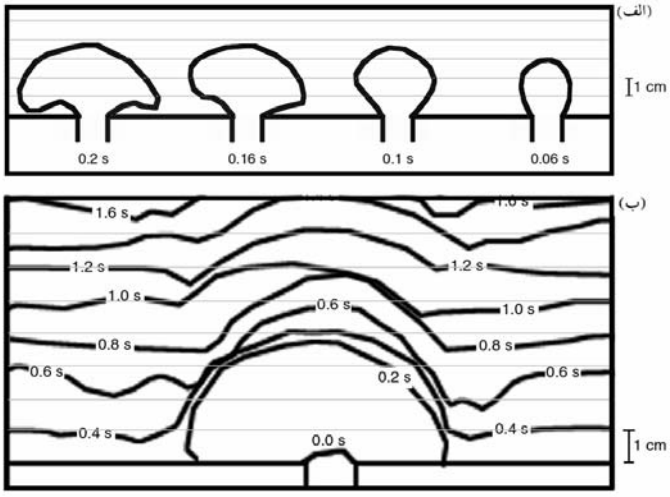
Number of Sample	1	2	3	4	5	6
Theoretical Velocity (m/s)	3.3	2	1.5	1	0.8	0.66
Real Velocity (m/s)	1.2	1	0.6	0.5	0.35	<0.25
Chock Cross Section (mm^2)	100	100	100	100	100	100
Gate Cross Section (mm^2)	70	100	150	200	250	300
Flow Rate$(m^3/s)*10^{-6}$	90	100	90	100	87.5	75
Friction loss %	64	50	60	50	57	62
Coefficient of Discharge (μ)	0.36	0.5	0.4	0.5	0.43	0.38



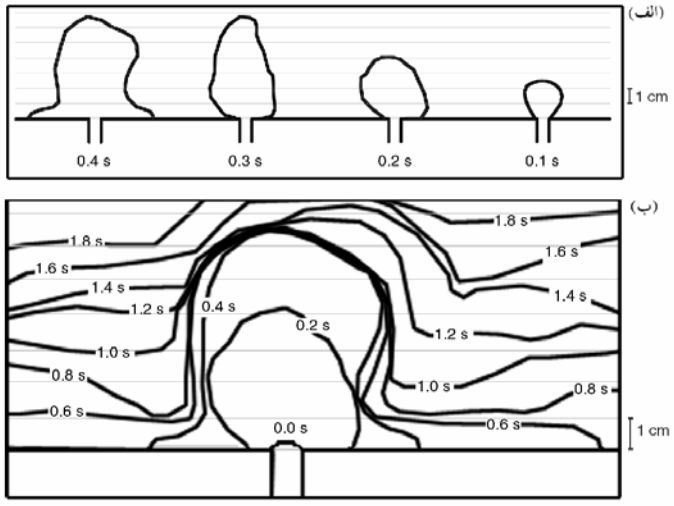
شكل ۴: اثر سرعت اوليه ورود مذاب به قالب بر ضريب تخليه و دبي جريان مذاب در آلياژ منيزيم.



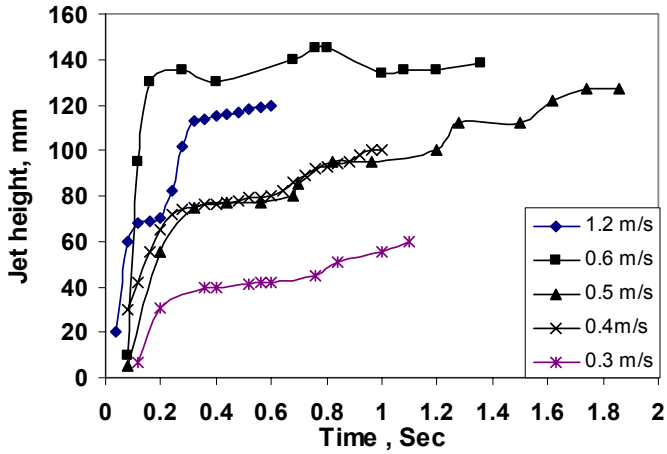
شکل ۵ : شماتیک نحوه فوران و پر شدن مذاب در قالب (نمونه شماره ۶ با سرعت اولیه ۰/۳۵ m/s)
الف) لحظات اولیه ورود مذاب به قالب ب) چگونگي پر شدن محفظه قالب[۱۱] .



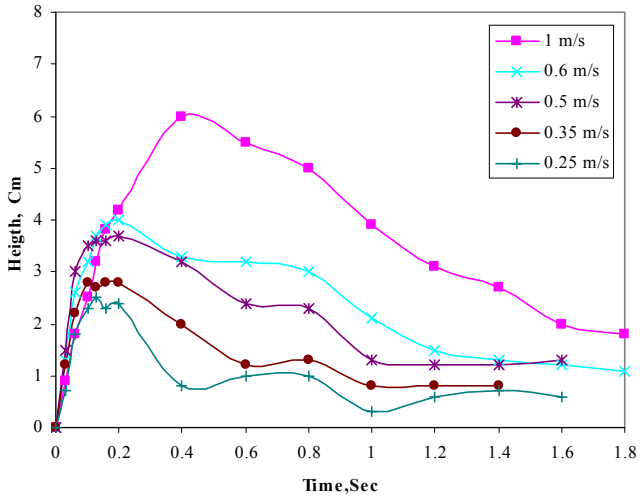
شکل ۶ : شماتیک نحوه فوران و پر شدن مذاب در قالب (نمونه ۳ با سرعت اولیه ۰/۵ m/s)
الف) لحظات اولیه ورود مذاب به قالب ب) چگونگي پر شدن محفظه قالب[۱۱].



شکل۷ : شماتیک نحوه فوران و پر شدن مذاب در قالب (نمونه شماره ۱ با سرعت اولیه ۱/۲m/s)
الف) لحظات اولیه ورود مذاب به قالب ب) چگونگي پر شدن محفظه قالب[۱۱].



شكل۸: نمودار ارتفاع تاج جت مذاب در قالب بر حسب زمان در سرعت هاي اوليه مختلف.



شكل۹: نمودار اختلاف سطوح جبهه پيشرفت بالايي و پاييني مذاب در قالب (تلاطم سطحي) نسبت به زمان براي تمام سرعت ها.

بحث و تحليل

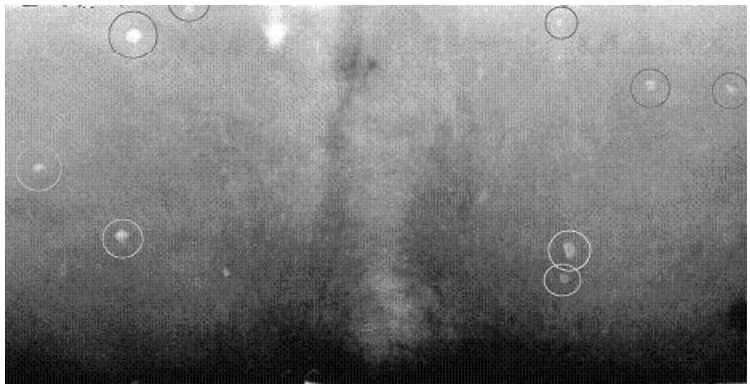
مقايسه نتايج حاصل از محاسبه سرعت اوليه تئوري و واقعي نشان مي دهد كه مقادير سرعت اوليه تئوري بالاتر از سرعت واقعي است كه ناشي از وجود اصطكاك در سيستم راهگاهي است. به عبارتي ديگر دبي واقعي جريان خروجي از كانال، با دبي تئوري جريان برابر نيست و نسبت اين دو را ضريب تخليه مي نامند. از بررسي شكل هاي (۵) الي (۷) مشخص مي شود كه در سرعت هاي كمتر از ۰/۲۵ m/s (شكل ۵)، مورفولوژي مذاب در لحظه ورود به قالب بصورت لايه اي است. سطح مذاب مسطح و هموار است. مذاب بشكل آرام و بدور از تلاطم وارد قالب مي شود. در اين سرعت ارتفاع مذاب ورودي به قالب نيز مينيمم است. با پيشرفت جبهه مذاب، سطح مذاب بطور يكنواخت بالا مي رود. به اين ترتيب اختلاف سطح بالايي و پاييني مذاب در اين حالت بسيار كم است و هيچگونه اختلاط لايه سطحي با مذاب صورت نگرفته است. اين مطلب به وضوح در شكل (۵) قابل رويت است. در سرعت هاي بالاتر، ۰/۵ m/s (شكل ۶)، يک جبهه قارچي شكل بزرگ از مذاب درون قالب مشاهده مي شود. در اين حالت ارتفاع مذاب به حدي مي رسد و در جاييكه جت مذاب بر اثر نيروي وزن و كشش سطحي خود متوقف مي شود و شروع به لغزيدن بسمت پايين مي كند و موجب چروكيدگي سطحي مي شود. در اينصورت اختلاط لايه اكسيد سطحي با مذاب ايجاد مي شود. سپس سرعت پيشروي مذاب درون قالب از دو طرف تاج مركزي مذاب بيشتر مي شود تا جاييكه اختلاف سطح جبهه بالايي و پاييني مذاب به حداقل مي رسد. شكل كروي تاج جبهه مذاب تا پايان پر شدن قالب پايدار باقي مي ماند.

در سرعت هاي بالاتر نزديک ۱/۲ m/s (شكل ۷)، مورفولوژي جت مذاب فوراني شكل مي شود. بنابراين

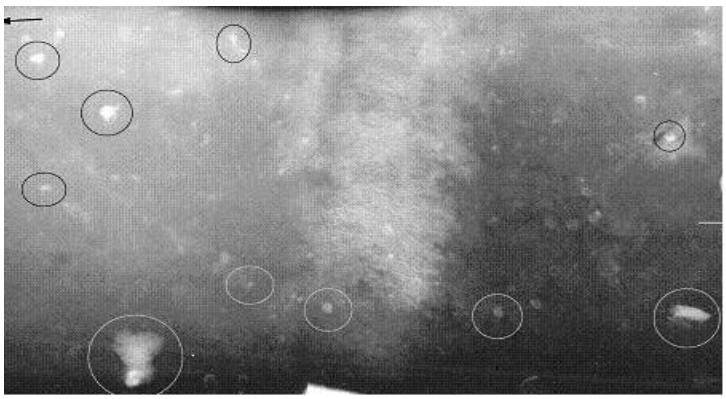
مذاب در يک خطر جدي تاخوردگي و ورود فيلم سطحي به داخل مذاب در هنگام سقوط ستون مذاب به پايين قرار مي گيرد. در اين حالت اختلاط لايه اکسيد با مذاب حتمي است و قطعه ريختگي پر از ترک خواهد شد. با کاهش دبي جريان در سيستم راهگاهي و يا افزايش زمان بارريزي، ضريب تخليه افزايش مي يابد و به يک نزديک مي شود (شکل ۴). به نظر مي رسد که با افزايش سطح مقطع راهباره، سطح تماس مذاب با ديواره افزايش مي يابد و ميزان اصطکاک افزايش مي يابد و ضريب تخليه کاهش يافته است. اگر سرعت اوليه مذاب افزايش يابد ، بدليل اغتشاشي شدن جريان مذاب، اصطکاک زياد مي شود.

ارتفاع تاج جبهه مذاب بر حسب زمان (شکل ۸) نشان مي دهد که در سرعت هاي بالاتر از سرعت بحراني، نمودار داراي نوسانات زيادي است که نشان دهنده وجود تلاطم سطحي در سيستم در هنگام پر شدن قالب است. در نمونه شماره ۶، تغييرات ارتفاع مذاب در قالب با گذشت زمان بسيار جزئي است (کمتر از cm ۱)، يعني از ابتدا تلاطم اندک بوده است، ولي در نمونه هاي ديگر اين ميزان بيشتر شده و به ۵cm نيز رسيده است. مشخص است که در سرعت هاي کمتر از سرعت بحراني مذاب به آرامي و بشکل لايه اي وارد قالب مي شود. در حاليکه در سرعت هاي بالاتر از سرعت بحراني، جت مذاب با حالت آشفته و متلاطم وارد قالب مي شود.

شکل (۱۰) تصاوير راديوگرافي توزيع عيوب ماکروسکوپي را در قطعات ريخته شده در سرعت هاي اوليه مختلف نشان مي دهد ملاحظه مي شود که در سرعت هاي پايينتر از سرعت بحراني، قطعه ريختگي از عيوب کمتري به نسبت قطعات ريخته شده در سرعت هاي بالاتر برخوردار است. وسعت منطقه گرم شامل وجود حفرات انقباضي ناشي از جهت نامناسب انجماد در منطقه مرکزي صفحات ريخته شده که از مشخصات سيستم راهگاهي کف ريز مي باشد، در تصاوير ملاحظه مي شود. حفرات داخل قطعات با علائم نشان داده شده اند که بيانگر نقشه داخلي عيوب در داخل قطعات است.

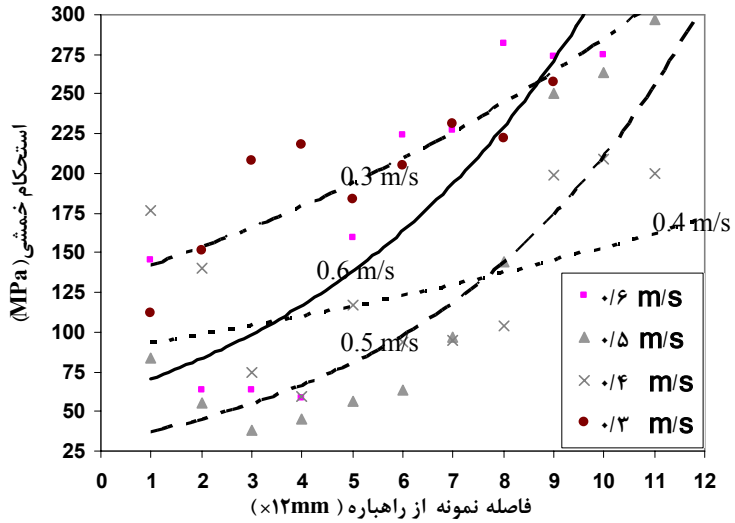


(الف)

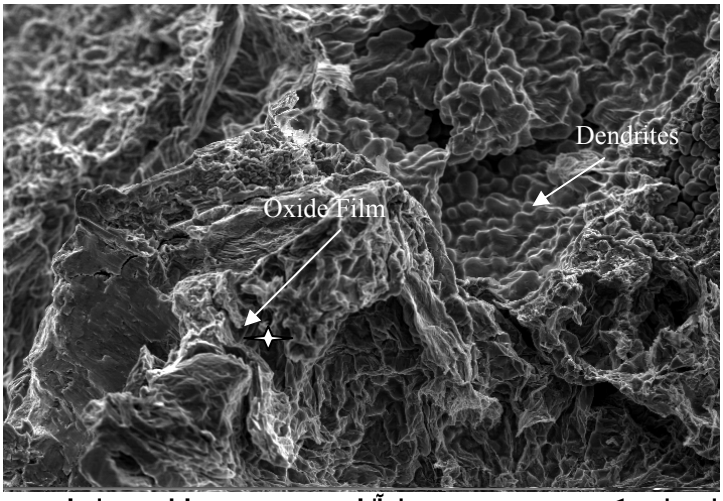


(ب)

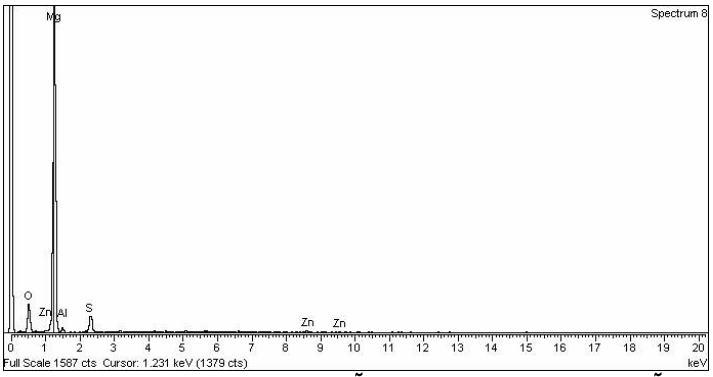
شکل ۱۰: تصاوير راديوگرافي از صفحات ريخته شده در سرعت هاي الف) ۰/۲۵ m/s و ب) ۰/۵ m/s (حفرات داخلي توسط دوايز مشخص شده است).



شکل ۱۱: نمايش خطوط تمايل درجه يک براي توزيع استحکام خمشي نمونه هاي ريخته شده در سرعت هاي اوليه مختلف بر حسب فاصله از راهباره .



شکل ۱۲: تصوير SEM از سطح شکست نمونه ريخته شده از آلياژ منيزيم، تصوير شامل حفره انقباضي به همراه لايه هاي اکسيدي تاخورده است.



شکل ۱۳: آزمايش EDX از سطح شکست آلياژ منيزيم نشان داده شده در شکل ۱۱ – الف.

نتايج نشان مي دهد که با افزايش سرعت اوليه مذاب در لحظه ورود به قالب (بالاتر از سرعت بحراني)، مقدار استحکام خمشي کاهش مي يابد. اين به نظر مي رسد که بدليل ايجاد تلاطم سطحي و ورود لايه هاي اکسيدي به داخل توده مذاب مي باشد. اما تغييرات استحکام خمشي در نمونه هاي تهيه شده از نمونه شماره ۶ که با سرعت ۰/۲۵m/s ريخته گري شده اند، بسيار کمتر از نمونه هاي قبلي مي باشد (شکل ۱۱). بنابراين مي توان نتيجه گرفت

كه ريخته گري در سرعت هاي اوليه كنترل شده و كمتر از سرعت بحراني موجب يكنواختي بيشتر در خواص مكانيكي مي شود. پراكندگي نتايج از مشخصات ريخته گري متلاطم است بنابراين خواص قابل پيش بيني نيست. شكل (١٢- الف) تصوير SEM از سطح شكست يك نمونه را نشان مي دهد كه شامل حفره هاي انقباضي به همراه لايه هاي اكسيدي است (نشان داده شده با پيكان سفيد). آناليز EDX از سطح شكست در شكل (١٢- ب) ملاحظه مي شود. اثر غالب فيلم هاي اكسيد در شكست نمونه ها مشخص مي شود.

با اينكه تصاوير راديوگرافي منطقه گرم بزرگي را نشان مي دهند. ليكن كاهش خواص كمتري در نمونه هاي اوليه مشاهده مي شود، اين امر موید اين است كه تلاطم سطحي در كاهش خواص مكانيكي نسبت به وجود حفرات انقباضي ناشي از جهت نامناسب انجماد موثرتر است. به عبارت ديگر، در حاليكه در صفحات ٢ ، ٣ و٤ وسعت منطقه گرم از صفحه شماره ۶ كمتر است ولي به دليل تلاطمي بودن مذاب، خواص استحكامي افت بيشتري را داشته است. همچنين با فاصله گرفتن سطح مذاب از راهباره در هنگام پر شدن قالب و كاهش تلاطم، افزايش قابل ملاحظه اي در استحكام نمونه ها مشاهده مي شود(شكل ١١).

كيفيت قطعات ريختگي بر حسب دانسيته عيوب در هر مجموعه اي از قطعات شناخته مي شود. سرعتهاي بالاتر از سرعت بحراني، موجب افزايش پتانسيل دانسيته عيوب در قطعات ريختگي مي شود، اين عيوب داراي طبيعت تصادفي هستند. زيرا مكان تشكيل آنها را نمي توان پيش بيني كرد. در حاليكه ريخته گري در سرعت هاي كنترل شده و كمتر از سرعت بحراني، مذاب بشكل آرام وارد قالب مي شود و نتايج قابل ملاحظه اي از بهبود خواص مكانيكي را خواهيم داشت .

نتيجه گيري

١- در ريخته گري آلياژ منيزيم، سرعتي كه در بالاتر از آن تلاطم سطحي رخ مي دهد، حدود ٠/٣ متر بر ثانيه برآورد شده است.

٢- در سرعت هاي كمتر از m/s ٠/٣، موفولوژي مذاب ورودي به داخل قالب بصورت لايه اي بوده و در سرعت هاي بالاتر بشكل قارچي و سپس در سرعت هاي نزديك به m/s ١ بشكل ستون فوران مذاب تبديل مي شود.

٣- دو عامل تلاطم سطحي و منطقه گرم (حفرات انقباضي) ناشي از جهت نامناسب انجماد در قالب هاي با سيستم راهگاهي كف ريز، هر دو سبب كاهش خواص مكانيكي مي شوند. ليكن تاثير تلاطم سطحي (سرعت مذاب در راهباره) در اين كاهش به مراتب بيشتر از منطقه گرم مي باشد

۴- با فاصله گرفتن از راهباره در قالب هاي كف ريز با كاهش تلاطم، خواص مكانيكي نمونه ها بهبود مي يابد.

مراجع

1 - Campbell, J. (2003). *Castings*, Oxford, Butterworth, Heinemann.

2 - Nyahumwa, C., Green, N. R. and Campbell, J. (1998). *AFS Trans*., PP. 215 – 223.

3 - Divandari, M. and Campbell, J. (2004). *Int. J. of Cast Metals Research,* Vol. 17, PP.1-6.

4 - Emley, E. F. (1966). *Principles of magnesium technology*, Pergamon Press.

5 - Runyoro, J., Buotorabi, S. M. A and Campbell, J. (1992). *AFS Transaction*, Vol.37, PP. 255-234.

6 - Halvaee, A. and Campbell, J. (1997). *AFS,* 97-18, PP. 350.

7 - Bahrinian. F., Boutorabi, S. M. A. and Campbell, J. (2005). *The June Campbell Symposium*, TMS, PP.463-474.

8 - Grube, K. and Eastwood, L. W. (1950). *AFS Transactions*, PP.76-107.

9 - Suzuki, S. (1989). *Modern Casting,* October 38-40.

10 - ASTM Standard, E 290-97a, (2000). *Standard Test Method Bend testing of Material and ductility.*

11 - Zebardast, M., Khorasani, S., Divandari, M. and Boutorabi, S. M. A. (1384). *Effect of In Gate Velocity on Mechanical Properties of Magnesium Alloy Casting (AZ91)*, B. S. Thesis, The University of Science and Technology of Iran, Materials and Metallurgy Eng. Dept.