

YUQORI BOSIM OSTIDA QUYIB OLINGAN ADC12 MARKALI ALYUMINIY QOTISHMASIDAN AVTOMOBIL DETALLARINING MEXANIK VA MIKROSTRUKTURAVIY XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Murodqosimov R.X.

Olmalik davlat texnika institute “Texnologik metallar, mashina va jihozlar, Mashinasozlik”

kafedrası katta o’qituvchisi. t.f.b.f.d (PhD)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22844104>

Annotatsiya. Mazkur ishda Al–Si–Cu tizimidagi ADC12 markali alyuminiy qotishmasining yuqori bosim ostida quyish sharoitida shakllanadigan mikrostrukturasi va mexanik xossalari tahlil qilindi. Tadqiqot davomida qotishmaning kimyoviy tarkibi spektrometr yordamida aniqlanib, mikrostrukturasi optik mikroskopda o’rganildi hamda Brinell usulida qattiqligi va mexanik ko’rsatkichlari baholandi. Quyma jarayonidagi texnologik parametrlarning gaz g’ovakligi, mikrog’ovaklik, evtektik tuzilmalar va intermetall birikmalar shakllanishiga ta’siri ko’rib chiqildi. Jarayon parametrlarini takomillashtirish natijasida makrog’ovaklikning oldi olingani, mikrog’ovaklik va ayrim intermetall birikmalar miqdori kamaygani hamda qotishmaning mexanik xossalari yaxshilangani ko’rsatildi.

Kalit so’zlar: ADC12, alyuminiy qotishmasi, Al–Si–Cu, yuqori bosimli quyish, mikrostruktura, evtektik faza, mikrog’ovaklik, intermetall birikmalar, Brinell qattiqligi.

1. KIRISH

Hozirgi vaqtda avtomobil transportidan chiqadigan zararli gazlar, xususan, karbonat angidrid va azot oksidlari miqdorini kamaytirish muhim texnik vazifalardan biridir. Avtomobil massasini kamaytirish mazkur vazifani hal etishning samarali yo’llaridan biri bo’lib, shu sababli og’ir po’lat detallar o’rnini zichligi kichik bo’lgan alyuminiy qotishmalari bilan almashtirish tendensiyasi kuchaymoqda. Al–Si tizimidagi alyuminiy qotishmalari past zichlik, nisbatan yuqori mustahkamlik, yaxshi quyilish xususiyatlari, qoniqarli korroziyabardoshlik va ishqalanish sharoitida barqarorlik kabi afzalliklarga ega. Ayniqsa, evtektik tarkibga yaqin qotishmalar avtomobilsozlikda keng qo’llanadi. ADC12 markali Al–Si–Cu qotishmasi yuqori oquvchanligi va quymakorlik xossalarining yaxshi kombinatsiyasi sababli avtomobil dvigateli qismlari va yordamchi agregat detallarini tayyorlashda muhim

materiallardan hisoblanadi [1–3]. Shu bilan birga, yuqori bosimli quyish jarayonida ADC12 qotishmasining murakkab mikrostrukturasi va turli quyma nuqsonlari detalning ishonchliligi va xizmat muddatiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Gaz g’ovakligi, ichki bo’shliqlar, oksid qatlamlari, sovuq darzlar, nometall qo’shimchalar va qolip bo’shlig’ining to’liq to’lmasligi shunday nuqsonlarning asosiy turlaridir. Ularning shakllanishi qolip konstruksiyasi, quyish tizimi, sovitish sharoiti, eritma harorati va bosimning berilish rejimiga bog’liq [1–4]. ADC12 tarkibida kremniy quyish jarayonida suyuq metallning oquvchanligini yaxshilaydi va erish haroratini pasaytiradi. Mis esa qotishmaning mustahkamligi va qattiqligini oshirishda muhim rol o’ynaydi, biroq uning miqdori ortishi egiluvchanlik va korroziyabardoshlikning pasayishiga olib kelishi mumkin. Temirning mavjudligi esa ayrim intermetall fazalarning hosil bo’lishiga sabab bo’lib, ularning shakli va miqdori mexanik xossalarga sezilarli ta’sir ko’rsatadi [4–7].

2. TADQIQOT USULLARI VA TAJRIBA SHAROITI

Tadqiqotda ACF kompaniyasining JIS–ADC12 markali alyuminiy qotishmasidan foydalanildi. Qotishmaning standart kimyoviy tarkibi, mexanik va fizik xossalari 1- va 2-jadvallarda, quyishdan oldingi kimyoviy tarkibi esa 3-jadvalda keltirilgan. Namunalar 330 tonna siqish kuchiga ega DC350J yuqori bosimli quyish mashinasida tayyorlandi. Mashinaning siqish tezligi 1,9 m/s, sovitish vaqti 4 s va eritish harorati dastlab 640 °C etib belgilangan. Suyuq metallni quyishdan oldin undagi oksidlar va qo’shimchalarni kamaytirish maqsadida K–Cl–F–Al asosidagi aralashma qo’llanildi. Eritma avval metall idishga, ishlov berilgandan so’ng esa grafit idishga o’tkazildi. Namunalarning kimyoviy tarkibi ARL uchqun-emissiya spektrometri (SES) yordamida aniqlangan. Mikrostruktura Nikon ECLIPSE LV150N optik mikroskopida o’rganilgan, qattiqlik va cho’zilish bo’yicha mexanik sinovlar esa Instron qurilmasida bajarilgan. Quyish jarayonini takomillashtirishda eritma haroratini 630 °C gacha pasaytirish, qolip ventilyatsiyasini yaxshilash va quyish tizimini turbulentlikni kamaytiradigan tarzda o’zgartirishga e’tibor qaratildi. Bunday yondashuv gazlarning metall tarkibiga kirib qolishini va mikrog’ovaklik hosil bo’lishini kamaytirishga qaratilgan.

1-jadval. ADC12 qotishmasining standart kimyoviy tarkibi.

Qotishma	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Sn
ADC 12 (Yaponiya- JISH5302)	9,6-12	0,9 gacha	15- 3,5	0,5 gacha	0,3 gacha	0,5 gacha	1,0 gacha	0,3 gacha

2-jadval. ADC12 qotishmasining mexanik va fizik xossalari.

Xossalari	Mustahkamlik kuchi (MPa)	Choʻzilish kuchi (MPa)	Brinell qattiqligi HBS	Choʻzilish (%)	Zichlik (g/s m ³)	Issiqlik ikgaga keng ayish K ⁻¹	Issiqlik oʻtkazuvchanlik (W/mk)	Issiqlik quvvati J/kg	Elektr oʻtkazuvchanlik (MS/m)	Elastiklik moduli (GPa)	Pulas nisbati
ADC12	240-300	140-200	70-100	1-3	2.65	30*10 ⁻⁶	120-150	96	15-20	73	0.33

3-jadval. ADC12 qotishmasining quyishdan oldingi kimyoviy tarkibi.

Qotishma	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Sn	Ti	Cr	Pb	Cd	Bi	Zr	V	P	Na	Ca
ADC12	11.259	1.250	2.90	0.35	0.25	0.163	1.410	0.0178	0.0483	0.0135	0.088	0.007	0.001	0.005	0.004	0.010	0.002	0.002

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

Takomillashtirilgan texnologik rejimdan oldingi namunalarda makroskopik darajadagi yirik g’ovaklik va yorilishlar kuzatilmagan bo’lsa-da, mikroskopik tekshiruvlarda mikrog’ovakliklar mavjudligi aniqlandi (1- va 2-rasmlar). Bunday g’ovakliklar qotishish jarayonida gazlarning chiqib ketishga ulgurmasligi va metallning hajmiy qisqarishi bilan bog’liq bo’lishi mumkin. Alyuminiy qotishmalarida gaz g’ovakligining shakllanishida vodorod alohida ahamiyatga ega, chunki suyuq alyuminiy vodorodni sezilarli miqdorda eritishi mumkin, qattiq holatda esa uning eruvchanligi keskin kamayadi. Natijada sovish jarayonida gaz pufakchalari hosil bo’lib, materialning mahalliy mustahkamligini pasaytiradi. Qolip ventilyatsiyasining yetarli bo’lmasligi ham qolipni to’ldirish va gazlarni chiqarish jarayoniga salbiy ta’sir ko’rsatadi. Jarayonni takomillashtirish doirasida qolipning ventilyatsiya kanallari kattalashtirildi va orqa bosimni kamaytirishga erishildi. Eritish haroratining 630 °C gacha tushirilishi suyuq metallning qolip materiali bilan o’zaro ta’sirini kamaytirishga, qotishma tarkibiga temir o’tishini cheklashga va qolipning xizmat muddatini oshirishga xizmat qilishi kutilgan. 2- va 3-rasmlarda takomillashtirilgan jarayondan keyingi mikrostruktura keltirilgan. Unda tartibsiz yo’nalgan α -Al dendritlari, dendritlararo hududlarda joylashgan mayda evtektik hamda intermetall fazalar ko’rinadi. Po’lat qolipda tez qotish sharoitida hosil bo’lgan ADC12 mikrostrukturasi taxminan 1–10 mkm dendritlararo masofaga ega alyuminiy dendritlari bilan tavsiflanadi. Evtektik kremniy dendritlararo sohalarda qotadi. Yuqori kattalashtirishda plastinkasimon va ayrim hollarda o’tkir shakldagi evtektik Si hamda boshqa intermetall fazalar kuzatiladi. Mazkur intermetall fazalarning o’lchami odatda 5–150 mkm uzunlik va 1–10 mkm kenglik oralig’ida qayd etilgan. ADC12 qotishmasining mexanik xossalariga α -Al donalarining o’lchami va shakli, evtektik fazalarning morfologiyasi, kristallanish yo’nalishi hamda quyma nuqsonlari kuchli ta’sir qiladi. Birlamchi α -Al odatda dendrit shaklida kristallanadi, dendritlar orasidagi hududlarda esa evtektik faza shakllanadi. Yirik va cho’zilgan evtektik Si zarrachalari hamda Fe ga boy intermetall fazalar mexanik kuchlanish ta’sirida kuchlanish konsentratsiyasini oshirishi va sinish jarayonini tezlashtirishi mumkin. ADC12 tarkibidagi Al_2CuMg , CuAl_2 , Al_8SiFe_2 va Si kabi fazalarning mavjudligi mikrostrukturaviy holatning murakkabligini ko’rsatadi. Dendritlararo hududlarda Si va Fe asosidagi o’tkir zarrachalarning mavjudligi

yuklama ostida mahalliy kuchlanish konsentratsiyasini oshiradi. Al–Si faza diagrammasiga ko’ra, Al va Si ning erish haroratlari mos ravishda 660,4 °C va 1414 °C bo’lib, evtektik reaksiya taxminan 12,6 % Si tarkibida 577±1 °C da sodir bo’ladi. Si ning Al dagi maksimal eruvchanligi evtektik harorat yaqinida taxminan 1,65 % ni tashkil etadi. ADC12 tarkibida Fe bo’lishi natijasida turli intermetall fazalar hosil bo’lishi mumkin [1,2]. Jarayon takomillashtirilgach, kimyoviy tarkibdagi Fe miqdorining kamayishi va intermetall birikmalarning kamayishi kuzatilgan. Bu o’zgarishlar mexanik xossalarning yaxshilanishi bilan birga kechgan.

4-jadval. Qo’shimchalarsiz quyma ADC12 qotishmasining kimyoviy tarkibi.

Qoti shm a	S i	F e	C u	M n	M g	N i	Z n	Sn	Ti	Cr	Pb	Cd	Bi	Zr	V	P	N a	Ca
AD C 12	1 0. 2 4	0. 8 9	2. 1 9	0. 42	0. 08 5	0. 1 2 3	0. 88 9	0.0 17 6	0.0 31 8	0.0 09 1	0.0 75	0.0 002 5	0. 00 08	0.0 02 5	0.0 05 3	0.0 00 7	-	-

5-jadval. Qo’shimchalarsiz quyma ADC12 qotishmasining mexanik va fizik xossalari.

Xossalari	Mustahkamlik kuchi (MPa)	Cho’zilish kuchi (MPa)	Brinell qattiqligi HBS	Cho’zilish (%)	Zichlik (g/sm ³)	Elasikluk moduli (GPa)
ADC12	85	75	75	0.8	2.52	71

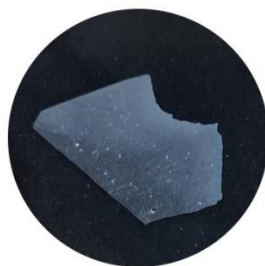
6-jadval. Qo’shimchalar kiritilgandan keyingi ADC12 qotishmasining kimyoviy tarkibi.

Qoti shm a	S i	F e	C u	M n	M g	N i	Z n	Sn	Ti	Cr	Pb	Cd	Bi	Zr	V	P	N a	Ca
------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	----	----	----	----	----	----	----	---	---	--------	----

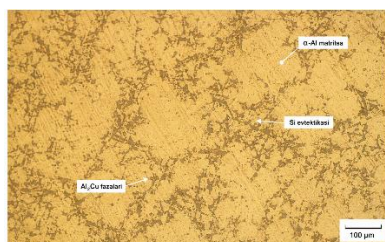
AD	1	0.	2.	0.	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	-	-	-
C 12	1.	8	4	41	17	0	93	26	54	2	87	001	00	03	04			
	3	6	9			6		7	4				08	0	0			
	6																	

7-jadval. Qo’shimchalar kiritilgandan keyingi ADC12 qotishmasining mexanik va fizik xossalari.

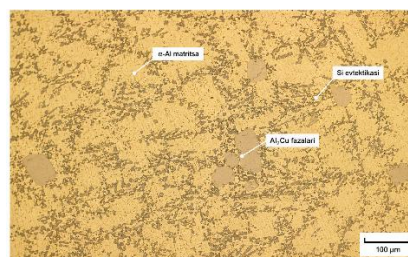
Xossalari	Mustahkamlik kuchi (MPa)	Cho’zilish kuchi (MPa)	Brinell qattiqligi HBS	Cho’zilish (%)	Zichlik (g/sm ³)	Elasikluk moduli (GPa)
ADC12	200	125	72	1	2.59	70



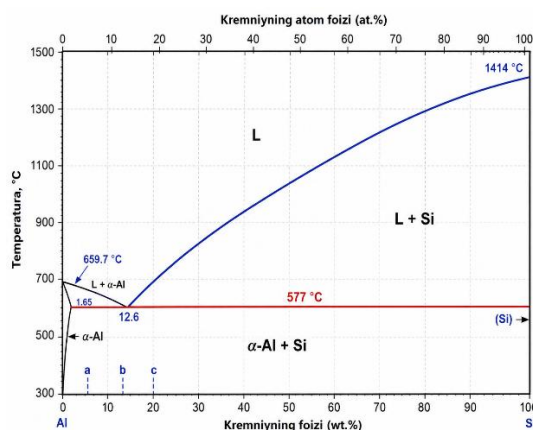
1-rasm. Qo’shimchalar kiritilishidan oldingi namunaning mikroskopik ko’rinishi.



2-rasm. Qo’shimchalar kiritilgandan keyingi namunaning 50× kattalashtirishdagi mikrostrukturasi.



3-rasm. Qo’shimchalar kiritilgandan keyingi namunaning 100× kattalashtirishdagi mikrostrukturasi.



4-rasm. Al–Si holat diagrammasi.

4. XULOSA

Tadqiqot natijalari ADC12 markali Al–Si–Cu qotishmasida α -Al dendritlari va evtektik tuzilmalarning mavjudligini ko'rsatdi. Quyish jarayonining texnologik parametrlarini optimallashtirish natijasida makrog'ovaklik kabi yirik quyma nuqsonlarining oldini olish, mikrog'ovaklik va ayrim intermetall birikmalar miqdorini kamaytirish imkoniyati yuzaga kelgan. Takomillashtirilgan jarayondan keyin qotishmaning mustahkamlik va cho'zilish bo'yicha ko'rsatkichlari oshgan. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra, qo'shimchalarsiz holatda mustahkamlik 85 MPa va cho'zilish kuchi 75 MPa bo'lgan bo'lsa, qo'shimchalar kiritilgandan keyin bu ko'rsatkichlar mos ravishda 200 MPa va 125 MPa ga yetgan. Brinell qattiqligi 75 HBS dan 72 HBS gacha o'zgargan, zichlik esa 2,52 dan 2,59 g/sm³ gacha oshgan. Shunday qilib, ADC12 qotishmasining yuqori bosimli quyish jarayonida eritma harorati, qolip ventilyatsiyasi, quyish tizimi va metallning tozaligi kabi omillarni boshqarish mikrostrukturani barqarorlashtirish hamda avtomobil detallarining mexanik xossalarini yaxshilashning muhim shartlaridan biridir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] Glazoff M.V., Khvan A., Zolotorevski V.S., Belov N.A., Dinsdale A.T. Casting Aluminum Alloys: Their Physical and Mechanical Metallurgy. Oxford, 2018.
- [2] Mondolfo L.F. Aluminum Alloys: Structures and Properties. Elsevier, 2013.
- [3] Dong S., Iwata Y., Sugiyama Y., Iwahori H. Cold crack criterion for ADC12 aluminium alloy die casting. Materials Transactions, Vol. 51, No. 2, 2010, pp. 371–376.
- [4] Turakhodjaev D., Turakhujaeva Sh. Mode of Fusion of Aluminium Alloys. International Scientific and Practical Conference World Science, Vol. 1, October 2016, Dubai, UAE, pp. 25–28.

- [5] Khademian N., Peimaei Y. Investigation on microstructural and mechanical properties of ADC12 aluminium alloy by die casting in automotive parts. ResearchGate.
- [6] Milani V., Timelli G. Solid Salt Fluxes for Molten Aluminum Processing — A Review. Metals, 2023, 13, 832. DOI: 10.3390/met13050832.
- [7] Nodir T., Sherzod T., Ruslan Z., Sarvar T., Azamat B. Studying the scientific and technological bases for the processing of dumping copper and aluminum slags. Journal of Critical Reviews, 2020.