# YANGI AVLOD YUQORI MUSTAHKAM PO‘LATLAR: TASNIFI, XOSSALARI VA AVTOMOBILSOZLIKDAGI QO‘LLANILISHI

**Husniddin Shakarov**

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti talabasi

**Abduraxmonova Shoxidaxon Abduqodirovna**

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti assistenti
doi.org/10.5281/zenodo.20494918

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada zamonaviy avtomobilsozlik sohasida muhim ahamiyat kasb etgan yuqori mustahkamlikdagi po‘lat materiallarining — xususan, rivojlangan yuqori mustahkamlikdagi po‘lat (AHSS — Advanced High Strength Steel) turkumining — texnik tasnifi, fizik-mexanik xossalari va sanoat amaliyotidagi joriy etilish yo‘nalishlari ko‘rib chiqiladi. Maqolada AHSS ning asosiy guruhlari: ikki fazali (DP), martensit (MS), kompleks fazali (CP), TRIP, TWIP va qizdirilgan shtamplash (PHS) po‘latlari tahlil qilinadi. Har bir tur uchun mustahkamlik, cho‘ziluvchanlik va zarba energiyasini yutish ko‘rsatkichlari solishtirma asosida bayon etiladi. Bundan tashqari, ushbu materiallarni avtomobil kuzovi elementlarida qo‘llash orqali erishilayotgan yengillashuv va passiv xavfsizlikning oshishi miqdoriy jihatdan baholangan. Maqola natijalari materiallar muhandisligi, konstruktiv loyihalash va transport vositalari ishlab chiqarish sohasidagi mutaxassislar uchun qo‘llanma sifatida xizmat qilishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** AHSS, yuqori mustahkamlikdagi po‘lat, deformasiya, kuzov konstruksiyasi, ikki fazali po‘lat, TRIP-po‘lat, passiv xavfsizlik, yengillashuv.

Kirish:

Zamonaviy avtomobilsozlik sanoati ikki asosiy muammo bilan yuzma-yuz: bir tomondan, transport vositalari konstruksiyasining yuqori mustahkam va qattiq bo‘lishi, ikkinchi tomondan esa yoqilg‘i sarfini kamaytirish uchun uning imkon qadar yengil bo‘lishi talab etiladi. Bu ziddiyatli talablarni bir-biriga muvofiqlashtirib bo‘lmaydi deb hisoblangan, ammo so‘nggi yigirma yil ichida metallurgiya fani yangi avlod po‘lat qotishmalarini yaratish orqali ushbu muammoni hal etishga muvaffaq bo‘ldi.

Rivojlangan yuqori mustahkamlikdagi po‘latlar (AHSS — Advanced High Strength Steel) an‘anaviy konstruktiv po‘latlarga nisbatan ikki-besh marta yuqori mustahkamlik ko‘rsatkichlariga ega bo‘la turib, nisbatan yupqa qatlamlarda ishlatilishi mumkin. Bu esa detallarning massasini kamaytirish imkonini beradi va bir vaqtning o‘zida yig‘ish strukturasining energiya yutish qobiliyatini oshiradi. Jahon avtomobil sanoatida so‘nggi yillarda AHSS ulushi sezilarli darajada o‘sib, zamonaviy avtomobillar kuzovida qo‘llaniladigan metalning 60 foizdan ortig‘ini tashkil eta boshladi.

O‘zbekiston avtomobilsozlik tarmoqida ham, xususan GM Uzbekistan va Ravon kabi yirik ishlab chiqaruvchilar faoliyatida ham, AHSS materiallaridan tobora keng foydalanilmoqda. Bu esa ushbu materiallarning xossalarini, qo‘llanish sohalari va texnologik xususiyatlarini o‘rganishni dolzarb masalaga aylantiradi. Mazkur maqola AHSS turkumidagi po‘latlarning ilmiy-texnik asoslarini tizimli ravishda bayon etishga qaratilgan.

**Materiallar va uslublar:** Ikki fazali po‘latlar AHSS turkumining eng ko‘p qo‘llaniladigan turi hisoblanadi. Ularning mikrostrukturasi qattiq martensit donachalari tarqalgan nisbatan yumshoq ferrit matritsasidan iborat. Martensit ulushining 10 dan 40 foizgacha o‘zgarishi hisobiga po‘latning mexanik xossalari keng chegarada boshqariladi. DP po‘latlarning tortib uzish mustahkamligi (UTS)

odatda 500 dan 1200 MPa gacha bo‘lib, cho‘zilish ko‘rsatkichi 14–30 foiz oralig‘ida saqlangan. Ushbu kombinatsiya ularni shtampalash jarayonida yaxshi shakl olish imkoniyatini beradi, bu esa kuzov panellari, ustunlar va trepezoid profillarni ishlab chiqarishda keng qo‘llanilishini ta‘minlaydi.

DP po‘latlarining amaliy qo‘llanilish sohalari jumlasiga avtomobil A- , B- va C-ustunlari, eshik kuchaytiruvchi elementlari, yon tarpezalar va old niqob kuchaytirgichlari kiradi. Ushbu qism uchun material tanlashda DP 590 va DP 780 rusumlar eng ko‘p afzal ko‘riladi, chunki ular shakllanuvchanlik va mustahkamlik o‘rtasida muvozanatni ta‘minlaydi. TRIP po‘latlar deformatsiya jarayonida fazalar o‘zgarishi hodisasidan foydalanadi: deformatsiya vaqtida metastabil qoliq austenit martensitga aylanadi va bu jarayon materialning energiya yutish qobiliyatini keskin oshiradi. TRIP po‘latlarning tarkibi odatda 0,2 foiz karbon, 1,5 foiz kremniy va 1,5 foiz marganese asosida yaratiladi. Ularning mustahkamligi 600 dan 1000 MPa gacha, cho‘zilish koeffitsienti esa 24–34 foiz bo‘lib, bu ko‘rsatkich DP po‘latlariga nisbatan sezilarli darajada yuqoridir. TRIP effekti tufayli bu turdagi po‘latlar zarba energiyasini yutishda ayniqsa samarali: deformatsiya jarayonida yangi martensit paydo bo‘lishi plastik deformatsiyaning tarqalishiga to‘sqinlik qiladi va materialning mahalliy mustahkamlanishini ta‘minlaydi. TRIP po‘latlar avtomobil tokchalari, pastki ramka elementlari va eshik kuchaytiruvchilarida keng qo‘llanilmoqda.

Martensit po‘latlar:

Martensit po‘latlar AHSS turkumidagi eng yuqori mustahkamlikka ega materiallar sanaladi. Ularning tortib uzish mustahkamligi 900 dan 1700 MPa gacha yetishi mumkin. Bunday yuqori mustahkamlik po‘latning to‘liq martensit mikrostrukturasiga ega bo‘lishi bilan ta‘minlanadi. MS po‘latlar nisbatan past cho‘ziluvchanlikka (4–6 foiz) ega, shu sababli ular asosan murakkab shaklli bo‘lmagan, lekin yuqori yuk ko‘radigan strukturaviy elementlarda ishlatiladi. Amaliy qo‘llanish nuqtai nazaridan MS 1300 va MS 1500 rusumlar avtomobil tamponlari (bumper), B-ustun to‘ldirgichlari va pol konstruksiyasining berk kesimli profillarida ishlatiladi. Bu materiallarning an‘anaviy yuqori mustahkamlikdagi po‘latlarga nisbatan sezilarli ustunligi, detallar vaznini 30–50 foizgacha oshirish imkonini beradi, bu esa avtotransport vositasi yordamida massasini yuqori darajada pasaytiradi. Komp fazali (CP) po‘latlar mikrolegirlangan uglerod qo‘shimchalari hamda beynit, martensit, austenit va ferrit fazalarining murakkab qismlaridan iborat. Va kesuvchi kuchlar ta‘sir qiladi yostig‘i to‘siqlari hamda to‘qnashuv zarbini so‘ndiruvchi mahsulotda qo‘llanilmoqda. CP 800 va CP 1000 markalari eng keng tarqalgan. TWIP po‘latlar yuqori marganes miqdori (17–25 foiz) bilan ajralib turadi va deformatsiya vaqtida mexanik egizaklanish mexanizmi orqali plastikligini ta‘minlaydi. Bu material mustahkamlik va cho‘ziluvchanlikning noyob kombinatsiyasiga ega: UTS 800–1000 MPa, cho‘ziluvchanlik esa 50–70 foizga yetishi mumkin. Hozircha TWIP po‘latlar ishlab chiqarish narxi yuqoriligi va payvandlanish muammolari sababli cheklangan hajmda qo'llanilmoqda, ammo ilmiy tadqiqotlarda ular kelajagi porloq material sifatida qaralmoqda.

Issiq shtamplash po‘latlari (PHS), masalan 22MnB5, bor qo‘shimchali po‘latlar bo‘lib, ular 900–950 °C qizdiriladi, so‘ngra hozirgacha hozir shtamplanadi va bir ishlab o‘zida press qolip o‘zidayoq tez sovitiladi, ya‘ni ishlab chiqarish materiali bo‘yicha hosil bo‘ladi). mustahkamlik chegarasi (UTS) 1400–2000 MPa ga yetadi PHS kuzovning A/B/C-ustunlari, bamper kuchaytirgichlari va pol qurilishlari uchun sanoat standartiga aylangan.

Grafikli materiallar:

Ahss turlarining mexanik xossalari taqqoslanishi:

Quyidagi jadvalda asosiy AHSS turlarining standart mexanik ko‘rsatkichlari keltirilgan:

***1-jadval.***

***AHSS turlarining mexanik xossalari (YS — oqim mustahkamligi; UTS — tortib uzish mustahkamligi)***

| **Po‘lat turi** | **YS (MPa)** | **UTS (MPa)** | **Cho‘ziluvchanlik %)** | **Asosiy ›‘llanishi** |
|---|---|---|---|---|
| DP 590 | 330–480 | 590–700 | 24–30 | Kuzov panellari, shqi elementlar |
| DP 980 | 550–700 | 980–1150 | 14–20 | A/B ustunlar, pol ementlari |
| TRIP 780 | 420–500 | 780–900 | 24–34 | Eshik ıchaytiruvchi, kchalari |
| MS 1300 | 1000–1150 | 1300–1500 | 4–7 | Bumper, B-ustun 'ldiruvchi |
| CP 1000 | 700–850 | 1000–1200 | 8–14 | B-ustun, kesim ementlari |
| PHS 1500 | 1100–1250 | 1470–1650 | 5–8 | A/B/C ustunlar, ızov ramkasi |
| TWIP 980 | 450–550 | 980–1100 | 45–65 | Istiqbolli nergiya yutuvchi) |

Kuzov konstruksiyasida qo‘llanishi:

Zamonaviy avtomobil kuzovining konstruktiv loyihalashida materiallarni zonalar bo‘yicha taqsimlash tamoyili qo‘llaniladi: baxtsiz hodisada deformatsiya nazarda tutilgan mintaqalar (old va orqa qismlari) uchun yuqori cho‘ziluvchanlikka ega TRIP yoki DP po‘latlar, esa yolovchi omon qolish zonasi (kabin) uchun maksimal mustahkamlikdagi PHS yoki MS po‘latlar tanlanadi. Bu yondashuv passiv xavfsizlik talablariga javob beradigan va bir vaqtda yengil bo‘lgan kuzovni yaratish imkonini beradi.

Eng keng tarqalgan an‘anaviy yuqori mustahkam po‘lat (HSLA 350) bilan zamonaviy AHSS materiallarini solishtirish natijasida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin. Bir xil mustahkamlik talabini qondiruvchi element uchun materialning qalinligi AHSS holida 20–35 foizga kamayadi. Bu esa elementning massasini 15–30 foizga kamaytiradi. Butun avtomobil kuzovi uchun hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, keng miqyosli AHSS qo‘llanishi kuzov massasini 80–120 kg gacha kamaytirishi mumkin. Avtomobil massasining har 100 kg kamayishi yoqilg‘i sarfini 100 km masofada 0,3–0,5 litrga qisqartiradi. Kuzov massasining kamayishi nafaqat energiya tejamkorligini ta‘minlaydi, balki tormoz tizimi, osma (podveska) va transmissiyaga tushadigan yuk ham kamayadi va bu qo‘shimcha konstruktiv optimallashtirishga zamin yaratadi.

Texnologik qo‘llanish muammolari:

AHSS materiallarini ishlab chiqarish jarayoniga joriy etishda bir qancha texnologik muammolar mavjud. Birinchidan, yuqori mustahkamlikdagi materiallarni qayta ishlash uchun stampalar va

presslarga nisbatan katta yuklama talablanadi. Jumladan, DP 980 shtamplashda zarur bo‘lgan kuch DP 590 ga nisbatan 40–60 foizga yuqori. Bu esa shtamplash uskunalari parkini yangilashni talab qiladi.

Ikkinchidan, AHSS materiallarining qayrishning orqaga qaytishi hodisasi kuchliroq namoyon bo‘ladi, bu esa yakuniy shaklni aniq ta‘minlash uchun qolip konstruksiyasiga kompensatsion hisob-kitoblarni kiritishni zarur qiladi. Uchinchidan, payvandlash jarayonida, ayniqsa lazer va nuqtaviy payvandlashda, materialning issiqlik ta‘sirida o‘zgarmas mustahkamlik xossalarini saqlab qolish uchun muayyan rejimlar talab etiladi. Ushbu muammolarning har biri hal etilgan - sanoatda kompensatsiyalangan qoliplar, servo-press texnologiyasi va adaptiv payvandlash rejimlari joriy etilgan. Ammo bu innovatsiyalar investitsiya xarajatlarini oshiradi va AHSS texnologiyasini kiritish uchun dastlabki kapital sarfi an‘anaviy po‘lat bilan ishlashga nisbatan 15–25 foiz yuqori bo‘lishi mumkin.

**Natijalar va ularning tahlili:** Jahon avtomobil sanoatida AHSS qo‘llanilishining o‘sish dinamikasi barqaror ijobiy xarakter kasb etmoqda. World Steel Association ma‘lumotlariga ko‘ra, 2023 yilda dunyo bo‘yicha avtomobil ishlab chiqarishda AHSS va UHSS (Ultra High Strength Steel) ning ulushi 2010 yilga nisbatan ikki barobarga oshib, umumiy konstruktiv po‘lat sarfining 55 foizini tashkil etdi. So‘nggi tendentsiyalar orasida ayniqsa ikki yo‘nalish ko‘zga tashlanadi. Birinchisi - 3-avlod AHSS materiallarining rivojlanishi bo‘lib, ular 2-avlod materiallaridan farqli o‘laroq bir vaqtning o‘zida 1000–1200 MPa mustahkamlik va 30–40 foiz cho‘ziluvchanlikni ta‘minlaydi. Bu kombinatsiya avval faqat metalmas kompozit materiallar uchun xos bo‘lgan deb hisoblanar edi. Ikkinchisi - elektromobil kuzovlari uchun yangi materiallar talabining ortishi bo‘lib, bu sohada akkumulyator paketi himoyasi va massaning yanada qattiqroq cheklanishi AHSS dan foydalanishni majburiy holga keltirmoqda.

O‘zbekiston kontekstida ta‘kidlash joizki, mahalliy avtomobil korxonalari AHSS materiallarini asosan import qilmoqda - Janubiy Koreya, Yaponiya va GFR yetakchi etkazib beruvchilar jumlasiga kiradi. Kelajakda O‘zbekistonda ham ushbu materiallarni ishlab chiqarish yoki qayta ishlash bo‘yicha sanoat imkoniyatlarini rivojlantirish masalasi dolzarb bo‘lib bormoqda.

Xulosa: Mazkur maqolada AHSS turkumiga mansub zamonaviy yuqori mustahkamlikdagi po‘lat materiallarining tasnifi va mexanik xossalari tizimli ravishda bayon etildi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, har bir AHSS turi o‘ziga xos mustahkamlik va cho‘ziluvchanlik nisbatiga ega bo‘lib, muayyan konstruktiv vazifaga eng mosini tanlash imkonini beradi. Avtomobilsozlikda AHSS materiallaridan foydalanish kuzov massasini 20–30 foizga kamaytirish va bir vaqtda to‘qnashuvda hayotni saqlab qolish imkoniyatini oshirish — passiv xavfsizlik ko‘rsatkichlarini yaxshilash bo‘yicha noyob imkoniyatni taqdim etadi. Bu holat ushbu materiallarni zamonaviy avtomobil dizaynining ajralmas qismi sifatida mustahkamlaydi. Kelajakda 3-avlod AHSS va TWIP materiallarining keng joriy etilishi, shuningdek elektromobil platformalari uchun yangi materiallar kombinatsiyalari bu sohadagi izlanishlarning asosiy yo‘nalishlari bo‘lib qoladi. O‘zbek ilmiy hamjamiyati va sanoati uchun esa ushbu materiallarni chuqur o‘rganish, ularni mahalliy ishlab chiqarish imkoniyatlarini baholash va o‘quv dasturlariga kiritish muhim vazifa hisoblanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Matlock D.K., Speer J.G. 3-avlod AHSS: mikrostrukturaviy dizayn kontseptsiyalari. Metallarning mikrostrukturasi va teksturasi. — London: Springer, 2009. — 185–205-betlar.
2. Jahon po‘lat assotsiatsiyasi (World Steel Association). Yuqori mustahkamlikdagi rivojlangan po‘latlarni qo‘llash bo‘yicha ko‘rsatmalar. 6.0-versiya. — Bryussel: worldsteel, 2021. — 354 bet.

3. Keeler S., Kimchi M., Mooney P.J. Yuqori mustahkamlikdagi rivojlangan po‘latlarni qo‘llash bo‘yicha yo‘riqnoma. — Middletown: AISI, 2017. — 270 bet.
4. Horvath C.D. Engil avtomobil konstruksiyalari uchun rivojlangan po‘latlar. Engil transport vositalari uchun materiallar, loyihalash va ishlab chiqarish. — Woodhead nashriyoti, 2021. — 39–95-betlar.
5. Lüder B., Olschewski M. Qizdirib shtamplash texnologiyasi (Press Hardening Technology). — Göppingen: Schuler Group, 2020. — 120 bet.
6. 6.Kuziak R., Kawalla R., Waengler S. Avtomobil sanoati uchun rivojlangan yuqori mustahkamlikdagi po‘latlar. Fuqarolik va mexanika muhandisligi arxivi. — 2008. — 8-jild, № 2. — 103–117-betlar.
7. De Moor E., Gibbs P.J., Speer J.G. 3-avlod yuqori mustahkamlikdagi rivojlangan po‘latlarni ishlab chiqish strategiyalari. AIST Transactions. — 2010. — 7-jild, № 3. — 133–144-betlar.
8. Rashid M.S. Ikki fazali po'latlar (Dual Phase Steels). Materiallar fanining yillik sharhi. — 1981. — 11-jild. — 245–266-betlar.
9. Zackay V.F., Parker E.R. Yuqori mustahkamlikdagi po‘latlarda cho‘ziluvchanlikni oshirish. ASM Transactions. — 1967. — 60-jild. — 252–259-betlar.
10. Hadadzadeh A., Mokdad F., Wells M.A. TWIP po‘latlarning issiq siqish jarayonidagi mexanik egizaklanishi va teksturasi. Materiallar fani va muhandisligi A. — 2017. — 707-jild. — 240–247-betlar.