

Ս.Գ. ՄԱՄՅԱՆ

ԵՌԱԿԱԼՎԱԾ ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ԲԱՐՁՐՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԺԱՌԱՆԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հետազոտվել է պողպատե եռակալված նախապատրաստվածքների ԲՋՋՄՄ էֆեկտի պահպանման հնարավորությունը միջանկյալ փափկացնող օպերացիայից և կրկնվող միտումից հետո: Սահմանված են ժառանգական բարձրջերմաստիճանային ջերմամեխանիկական ամրացման ռեժիմները, որոնք ապահովում են ԲՋՋՄՄ-ից հետո ստացվող բարձր համալիր մեխանիկական հատկությունների պահպանում և, միաժամանակ, բարձր տեխնոլոգիականություն:

Առանցքային բառեր. ջերմամեխանիկական մշակում, ժառանգականություն, հոգնածություն, ճաքակայունություն, ամրության պաշար, համալիր հատկություններ:

Մեր նախորդ աշխատություններում [1...3] ցույց է տրվել, որ փոշեմետալուրգիական ճանապարհով ստացված ածխածնային կամ ցածր լեգիրված եռակալված նախապատրաստվածքների ջերմամեխանիկական մշակման (ՋՄՄ) եղանակով, ինչպես և կոմպակտ մետաղների դեպքում, կարելի է հասնել համալիր մեխանիկական հատկությունների զգալի աճի (աղյուսակ 1):

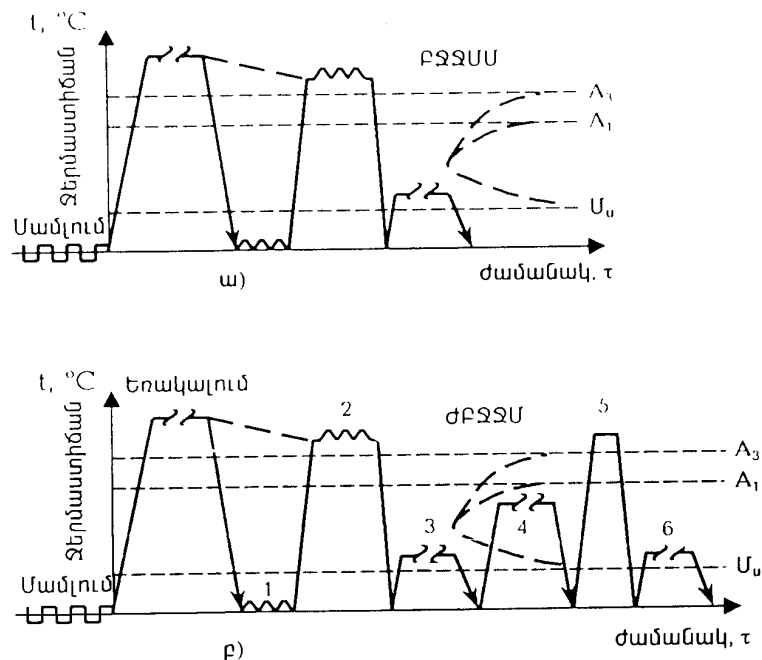
Աղյուսակ 1

Փոշե նախապատրաստվածքների մեխանիկական հատկությունները
լավարկված ռեժիմներով իրագործված ԲՋՋՄՄ-ից հետո

Փոշե պողպատների մակնիշը	t _{արձ} , °C	σ _b , ՄՊա	σ _{0.2} , ՄՊա	δ, %	ψ, %	KCU, ՄՋ/մ ²	KCT, ՄՋ/մ ²
У8А – П	300	2080/1900	1730/1610	8/2,5	20/10	0,35/0,15	0,09/0,02
	400	1400/1250	1220/1050	12/6,0	35/10	0,55/0,20	0,15/0,02
60 – П	200	2300/2050	2000/1850	8/6,0	16/12	0,60/0,40	0,12/0,10
	300	2100/2000	1900/1800	12/8,0	30/25	0,70/0,50	0,30/0,18
40 – П	200	1920/1780	1710/1600	9/4	25/18	0,58/0,38	0,20/0,05
40 X – П	200	1980/1800	1700/1500	8/3,0	24/12	0,62/0,36	0,21/0,05
40XH – П	200	2200/1900	1910/1670	6/3,0	20/10	0,60/0,35	0,20/0,04
40XHM – П	200	2400/2100	2190/1870	10/6,0	20/8	0,52/0,32	0,24/0,12
	300	1920/1860	1760/1710	10/6,0	40/20	0,60/0,35	0,28/0,18
12XH3A – П	200	1400/1370	1210/1200	26/20	60/50	1,40/1,90	0,80/0,65

Դիտողություն. համարիչում՝ ջրածնագրկում կատարվել է ԲՋՋՄՄ – ից առաջ, հայտարարում՝ ջրածնում եռակալելուց անմիջապես հետո իրականացվել է ԲՋՋՄՄ:

Հետազոտությունների ժամանակ օգտագործվել են Մոսկվայի Սև մետալուրգիայի կենտրոնական գիտահետազոտական ինստիտուտի կողմից թողարկված երկաթի և լեգիրված պողպատների մաքուր, մեծ դիսպերսության փոշենյութեր, որոնցում P – ի և S – ի պարունակությունը չի գերազանցում $8 \cdot 10^{-3} \%$: Ածխածնի պարունակության կարգավորման նպատակով այն ներմուծվել է $TM - 15$ մակնիշի լամպային մրի տեսքով: Նախատեսված սկզբնափոշիներից կարգավորվող արագությամբ ապակենտրոն (էքսցենտրիկ) խառնիչների ($n = 3000$ պտույտ / րոպե) օգնությամբ $1,5\theta$ խառնման ընթացքում ստացվել են տարբեր բաղադրության համասեռ խառնուրդներ: Սառը մամլմամբ ստացված հարթ և գլանային նմուշները եռակալվել են ջրածնային միջավայրում (ցողի կետը՝ $-27^\circ C$), (ածխածնային պողպատների դեպքում՝ $1150^\circ C$ – ում և $1,5$ ժամ պահման տևողությամբ, իսկ լեգիրված պողպատների դեպքում՝ $1200^\circ C$ – ում, $2 - 3$ ժամ պահման տևողությամբ): $10-15\%$ ծակոտկենություն ունեցող նախապատրաստվածքները ենթարկվել են բարձրջերմաստիճանային ջերմամեխանիկական մշակման (ԲՋՋՄՄ) ճնշմամբ տաք մշակման տարբեր եղանակների (արտամղում, գլանում, դրոշմում, ճշգրիտ կտում) կիրառմամբ: ԲՋՋՄՄ իրականացվել է նախկին ուսումնասիրությունների ժամանակ սահմանված ռեժիմներով [1...2]: Բարձրջերմաստիճանային ջերմամեխանիկական մշակման (ԲՋՋՄՄ), ժառանգական բարձր ջերմաստիճանային ջերմամեխանիկական մշակման (ԺԲՋՋՄՄ) և հսկող կամ սովորական ջերմային մշակման տեխնոլոգիական սխեմաները բերված են նկ. 1 – ում:



Նկ.1. Ուղղակի (ա) և ժառանգական (բ) ջերմամեխանիկական մշակման տեխնոլոգիական սխեմաները. 1 - եռակալված նախապատրաստվածքների սառը ճնշմամբ մշակում, 2 - ճնշմամբ տաք մշակում՝ $\lambda = 65 - 85 \%$, 3 - ցածր արձակում, 4 - միջանկյալ փափկացնող մշակում, 5 - մխում արագ տաքացմամբ, 6 - ցածր արձակում:

Սովորական ջերմային մշակումը ԺԲՋՄՄ – ից տարբերվում է միայն միջանկյալ փափկացնող օպերացիայի պարամետրերով, և պետք է, անկախ պողպատի մակնիշից, վերացնի սառը կամ տաք կոփման հետևանքով առաջացած կառուցվածքային փոփոխությունները: Մշակման տարբեր սխեմաներից հետո մեխանիկական հատկությունների, թափանցիկ էլեկտրոնային միկրոսկոպիայի և ռենտգենակառուցվածքային ուսումնասիրությունների համար պատրաստվել են նմուշներ:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ եռակալված նախապատրաստվածքներից տաք ճնշմամբ մշակման տարբեր եղանակների կիրառմամբ ԲՋՄՄ ճանապարհով ստացված բարձրամուր պողպատները հաճախ կիսաֆաբրիկատներ են, որոնցից մեքենամասեր պատրաստելիս կիրառում են վերջնական մեխանիկական և ջերմային մշակում, աշխատանքում հետազոտվել է ԲՋՄՄ էֆեկտի պահպանման ժառանգականության հնարավորությունը միջանկյալ փափկացնող օպերացիայից և կրկնվող ջերմային մշակումից հետո:

Միջանկյալ փափկացնող օպերացիան անց է կացվել տարբեր ռեժիմներով, որոնք նախատեսում են բարձր արձակում (մինչև 500 ... 600 °C) և նորմալացում (840...1000 °C) տաքացման տարբեր արագություններով: ԲՋՄՄ էֆեկտը աղյուսակ 1 – ում բերված ածխածնային և ցածր լեգիրված պողպատների համար ստացվեց բացառիկ կայուն և պահպանվեց նույնիսկ բարձր (1000 °C) ջերմաստիճաններում, իսկ մեխանիկական մշակման բավարար կարծրություն (20...30 HRC) ապահովող միջանկյալ մշակման բոլոր ռեժիմներից հետո կրկնակի միման և փոքր (5 °C / րոպե) (20 – 30 HRC), կրկնակի միման և 250 °C – ում 1 ժ. տևողությամբ արձակման դեպքում պողպատ 40կ – ի համալիր մեխանիկական հատկությունները ստացվեցին անսովոր մեծ՝ $\sigma_B = 1820...1870 \text{ ՄՊա}$, $\sigma_T = 1600...1670 \text{ ՄՊա}$, $\delta = 11...12\%$, $\psi = 51...54\%$: Ամրության ու պլաստիկության նման բարենպաստ զուգորդում չի նկատվել անգամ ուղղակի ԲՋՄՄ-ի ժամանակ:

Ջերմամեխանիկական մշակումը հանգեցնում է փոշեպողպատների մեխանիկական հատկությունների լավարկմանը ոչ միայն ստատիկ, այլ նաև նշանափոխ բեռնման ժամանակ: Էապես աճում են հոգնածային բնութագրերը, հատկապես ցիկլիկ ամրությունը գերբեռնվածության գոտում (սահմանափակ դիմացկունության ժամանակ): ԲՋՄՄ շնորհիվ նշանակալիորեն (1,5 - 3 անգամ) բարձրանում է պողպատի հարվածային դիմացկունությունը, ինչ վերաբերում է հարվածային մածուցիկությանը, ապա ինչպես առաջին անգամ ցույց է տվել Վ.Դ. Սադովսկին, ԲՋՄՄ արդյունքում դարձելի արձակման բեկունությունը գործնականորեն վերանում է, թուլանում է անդարձելի արձակման բեկունությունը, և կտրուկ բարձրանում է հարվածային մածուցիկությունը սենյակային և բացասական ջերմաստիճաններում: ԲՋՄՄ-ից հետո խիստ նվազում է սառնաբեկունության շեմի ջերմաստիճանը, ըստ որում՝ պողպատի դեպքում անցումը բեկուն քայքայման ուղեկցվում է ոչ թե միջբյուրեղային, այլ ներբյուրեղային քայքայմամբ: Կտրվածքի նման բնութագիրը պահպանվում է մինչև խոր սառեցման (-196 °C) ջերմաստիճանները:

Բնական է, ամրացնող մշակման արդյունավետությունն անհրաժեշտ է գնահատել բազմաբնույթ մեխանիկական հատկությունների պահանջվող համալիրով: Այդ պատճառով, տարբեր ամրացնող մշակման ձևերի արդյունա-

վետությունը համեմատելիս անհրաժեշտ է σ_B և σ_T ամրության ցուցանիշներից բացի գնահատել նաև հատկությունների ամբողջ համալիրը՝ δ -ն, ψ -ն, KCU-ն, KCT-ն, σ_{-1} -ը և այլն: Փոշե 60A-Պ և 40 XHMA -Պ պողպատների մեխանիկական հատկությունները ԲՋՋՄՄ-ից, ԺԲՋՋՄՄ-ից և ՍՋՄ-ից հետո բերված են աղյուսակ 2 – ում:

Աղյուսակ 2

Պողպատ 60A-Պ և 40 XHMA -Պ-ի մեխանիկական հատկությունները մշակման տարբեր ռեժիմներից հետո

Պողպատի մակնիշը	Մշակման ռեժիմը	t _{արձ} °C	Մեխանիկական հատկությունները						
			σ_B , ՄՊա	σ_T , ՄՊա	σ_{-1} , ՄՊա	KCU ՄՋ/մ ²	KCT ՄՋ/մ ²	σ , %	ψ , %
60A-Պ	ԲՋՋՄՄ, $\lambda=85\%$	200	2300	2000	680	0,50	0,12	6	10
		300	2100	1900	750	0,60	0,30	8	15
	ԺԲՋՋՄՄ	200	2320	1980	700	0,60	0,18	8	15
		300	2080	1900	730	0,62	0,26	10	20
	ՍՋՄ	250	1430	1220	310	0,12	0,04	2	-
		300	1400	1200	260	0,15	0,05	2	4
40XHMA-Պ	ԲՋՋՄՄ, $\lambda=85\%$	100	2460	2190	860	0,52	0,24	10	25
		150	2420	2110	780	0,61	0,28	11,9	26
	ԺԲՋՋՄՄ	100	2420	2080	900	0,58	0,31	12	26
		150	2380	2100	880	0,62	0,28	14	20
	ՍՋՄ	100	1820	1580	450	0,28	0,12	2,7	9,7
		150	1890	1610	460	0,32	0,15	9,6	27

*Արձակում 100, 150 °C, 3 ժ տևողությամբ:

Բերված տվյալներից (աղյուսակ 2) հետևում է, որ ԺԲՋՋՄՄ-ից հետո ԲՋՋՄՄ ժառանգականության էֆեկտը լրիվ պահպանվում է, որի շնորհիվ նպատակահարմար է նախապատրաստվածքները ԲՋՋՄՄ ենթարկել մետալուրգիական գործընթացներում. կարճատև արձակումը թույլ կտա իրագործել կտրմամբ մշակում: Վերջում հատուկ ռեժիմներով կատարված ջերմային մշակումը թույլ է տալիս վերադարձնել մեխանիկական հատկությունների բարձր համալիրը, դրա համար էլ հաճախ այն անվանում են “ԲՋՋՄՄ - ից հետո ամրացման էֆեկտի դարձելիության մշակում”:

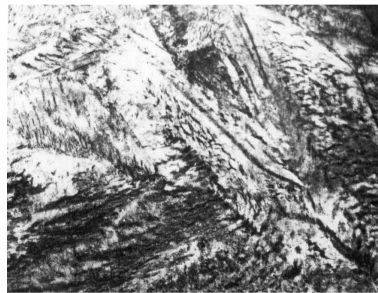
Մարտենսիտի ենթակառուցվածքն ուսումնասիրվել է նրբաթիթեղների վրա, թափանցիկ էլեկտրոնային միկրոսկոպիայի եղանակով: Խոշորացումն ընտրվել է 19000 - 34000 անգամ՝ կախված ուսումնասիրվող օբյեկտի բացահայտման հնարավորությունից: Փոշեպողպատ 60A-Պ- ի և 40 XHMA -Պ- ի համար ստացված էլեկտրոնային միկրոսկոպիկ նկարահանումների որոշ տիպիկ պատկերներ բերվում են ստորև:



ա)



բ)



գ)

Նկ.2. Թափանցիկ էլեկտրոնային միկրոսկոպիայի ճանապարհով ստացված մարտենսիտի ենթակառուցվածքը ՍՋՄ-ից (ա), ԲՋՋՄՄ-ից (բ) և ԺԲՋՋՄՄ -ից (գ) հետո (խոշորացված է 25000 անգամ):

Կատարված եզրակացությունները հիմնված են ոչ միայն բերված պատկերների, այլ նաև տրանսմիսիոն էլեկտրոնային միկրոսկոպի տակ նրբաթիթեղի տարբեր դաշտերի դիտողական վերլուծությունների վրա: Բոլոր ռեժիմներով ԲՋՋՄՄ – ից և ԺԲՋՋՄՄ – ից հետո նկատվում է մարտենսիտի խիստ զարգացած ենթակառուցվածք, դիսլոկացիաների մեծ խտություն և հավասարաչափ բաշխում հատկապես ԺԲՋՋՄՄ-ից հետո: Իսկ սովորական ջերմային մշակումից (ՍՋՄ) հետո մարտենսիտային բյուրեղներն ունեն առանց ենթակառուցվածքի պարզ ասեղային կառուցվածք:

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ եռակավված պողպատների ԲՋՋՄՄ-ից հետո միջանկյալ փափկացնող ջերմային մշակման ճշգրիտ ռեժիմների ընտրության դեպքում ձևավորվում է կայուն պոլիգոնացված ենթակառուցվածք, որը պահպանվում է վերջնական, արագ տաքացմամբ մխումից և արձակումից հետո: Սահմանվել է ծակոտկեն նախապատրաստվածքների ԺԲՋՋՄՄ ժամանակ տաք կոփման ժառանգական ազդեցությունը եռակի ($\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$) վերաբյուրեղացումից հետո ձևավորվող պողպատի միկրոկառուցվածքի և հատկությունների վրա:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Бернштейн М. Л., Саклинский В. И., Мамян С. Г.** Высокотемпературное термомеханическое упрочнение конструкционных сталей // Повышение конструкционной прочности сталей и сплавов: Сб. - М., 1970. – С. 126-133.
2. **Мамян С.Г.** Исследование влияния последеформационной выдержки на структуру и свойства металлпорошковых сталей // Структурообразование при горячей деформации: Мат-лы Всесоюз. конф. – М., 1991. – С. 76 – 80.
3. **Mamian S.G.** Creation of High – Strenght Quasi – Composit and alloys of a New Class // New processes and Application Experience: Materials of the Congress. –Moscow, 1990.- P. 196201.

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.06.2002:

С.Г. МАМЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Исследована возможность сохранения эффекта ВТМО стальных спеченных заготовок промежуточной смягчающей обработки и повторной закладки. Установлены режимы наследственного высокотемпературного термомеханического упрочнения, обеспечивающие сохранность высокого комплекса механических свойств после ВТМО и одновременно высокую технологичность.

S.G. MAMYAN

HERIDITY INVESTIGATION OF HIGH-TEMPERATURE THERMOMECHANICAL TREATMENT

High-temperature thermomechanical treatment effect preservation possibility in sintered steel bar for intermediate softening treatment and repeated hardening is studied. High-temperature thermomechanical reinforcement regimes providing high complex mechanical property preservation after high-temperature thermomechanical treatment and simultaneously high manufacturability are established.