Ìîñêîâñêèé èíñòèòóò ñòàëè è ñïëàâîâ.

êàôåäðà ìåòàëëóðãèè ñòàëè

"Òâîð÷åñòâî è ñàìîñòîÿòåëüíîñòü"

ÊÓÐÑÎÂÀß ÐÀÁÎÒÀ

ïî äèñöèïëèíå

"Ìåòàëëóðãèÿ ñòàëè è ñïëàâîâ è íîâûå ïðîöåññû"

Ãðóïïà ÌÝ-91-1

Ñòóäåíò Àíèêóøèí Ñ. Ñ.

Ïðåïîäàâàòåëü Êëþåâ Ì. Ï.

Çàäàíèå. Ðàçðàáîòàòü òåõíîëîãè÷åñêóþ ñõåìó ïðîèçâîäñòâà ñòàëè ìàðêè 35Ã2 è îïðåäåëèòü îñíîâíûå òåõíèêî-ýêîíîìè÷åñêèå ïîêàçàòåëè ïðîèçâîäñòâà.

Èñõîäíûå äàííûå

Ñîñòàâ ÷óãóíà (âåñ %): Ñ-4.8, Si-0.85, Mn-0.75, P-0.24, S-0.08

Òåìïåðàòóðà ÷óãóíà, Ñ - 1315

Åìêîñòü êîíâåðòåðà, ò - 300

Îöåíêà \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Ââåäåíèå.**

Ïîñëå ðàñïàäà ÑÑÑÐ â Ðîññèè îñòàëîñü îêîëî 60 % ïðåäïðèÿòèé ÷åðíîé ìåòàëëóðãèè. Ïðîáëåìû, âîçíèêøèå ïîñëå ðàñïàäà ÑÑÑÐ, â îñíîâíîì âîëíîâàëè îòðàñëü â 1991 ãîäó. Â òå÷åíèå 1992 ãîäà õîçÿéñòâåííûå ñâÿçè áûëè â öåëîì âîññòàíîâëåíû. Îáúåìû ïðîèçâîäñòâà è ïîòðåáëåíèÿ ÷åðíûõ ìåòàëëîâ â Ðîññèè ñòàáèëèçèðîâàëèñü ê ñåðåäèíå 1993 ãîäà [2].

Ïîòåíöèàë ÷åðíîé ìåòàëëóðãèè Ðîññèè îïðåäåëÿåòñÿ ïðîèçâîäñòâåííûìè ìîùíîñòÿìè, ïîçâîëÿþùèìè ïðîèçâîäèòü (ìëí. ò. ãîä) [3]:

ãîòîâûé ïðîêàò 67

ñòàëü 94

÷óãóí 61

êîêñ 34

òîâàðíàÿ æåëåçíàÿ ðóäà 103

Ïî ïðîãíîçó Êîìèòåòà ÐÔ ïî ìåòàëëóðãèè, â 1993 ãîäó áóäåò ïðîèçâåäåíî 42,8 ìëí. ò ãîòîâîãî ïðîêàòà. Íî ñåãîäíÿ 50 % ïðîêàòà è 60% ñòàëè ïðîèçâîäèòñÿ â Ðîññèè íà óñòàðåâøåì îáîðóäîâàíèè. Â 1992 ãîäó 51,5 % ñòàëè èçãîòàâëèâàëîñü ìàðòåíîâñêèì ñïîñîáîì, 34,5% êîíâåðòåðíûì, 14% ýëåêòðîñòàëåïëàâèëüíûì. Ïî ïðîãíîçàì Êîìèòåòà ïî ìåòàëëóðãèè, â 1993 ãîäó ýòè ïîêàçàòåëè ïî÷òè íå èçìåíÿòñÿ. Ê òîìó æå áîëåå 76% ñòàëè ðàçëèâàåòñÿ â ñëèòêè, ÷òî âåäåò ê ïåðåðàñõîäó ýíýðãîðåñóðñîâ íà ñóììó $210 ìëí. â ãîä [2].

Â öåëîì íàøà ÷åðíàÿ ìåòàëëóðãèÿ õàðàêòåðèçóåòñÿ ñëåäóþùèìè îñîáåííîñòÿìè [3]:

ïîâûøåííàÿ ìàòåðèàëî- è ýíåðãîåìêîñòü ïðîèçâîäñòâà;

çíà÷èòåëüíûé èçíîñ îñíîâíûõ ïðîèçâîäñòâåííûõ ôîíäîâ, ïðåâûøàþùèé â öåëîì ïî îòðàñëè 50%, à ïî ðÿäó ïðåäïðèÿòèé 70%, íåâûñîêèé òåõíè÷åñêèé óðîâåíü ïðîèçâîäñòâà è ñâÿçàííûå ñ ýòèì êà÷åñòâî è êîíêóðåíòîñïîñîáíîñòü ïðîäóêöèè;

íåñáàëàíñèðîâàííîñòü ïîäîòðàñëåé è îòäåëüíûõ ïåðåäåëîâ, îñîáåííî èç-çà ðàçðûâà ñâÿçåé ïî ìåæîòðàñëåâîé è âíóòðèîòðàñëåâîé êîîïåðàöèè ñûðüÿ è ïîëóôàáðèêàòîâ;

êðàéíå íåóäîâëåòâîðèòåëüíàÿ ýêîëîãè÷åñêàÿ îáñòàíîâêà â ðåãèîíàõ ñ ìåòàëëóðãè÷åñêîé ïðîìûøëåííîñòüþ.

Îñíîâíàÿ ìàññà ìåòàëëóðãè÷åñêîé ïðîäóêöèè â Ðîññèè ïðîèçâîäèòñÿ ïî íåñîâðåìåííîé òåõíîëîãèè íà ìîðàëüíî è ôèçè÷åñêè óñòàðåâøåì îáîðóäîâàíèè, òåõíè÷åñêèé óðîâåíü êîòîðîé ñîîòâåòñòâóåò øåñòèäåñÿòûì ãîäàì [3]. Âñëåäñòâèå ýòîãî ïðîäóêöèÿ èìååò ïîâûøåííóþ ìàòåðèàëî- è ýíåðãîåìêîñòü.

Ðàñïàä åäèíîãî ìåòàëëóðãè÷åñêîãî êîìïëåêñà îñîáåííî îñòðî ñêàçàëñÿ íà ìèíåðàëüíî-ñûðüåâîé áàçå. Â Ðîññèè îòñóòñòâóþò ìåñòîðîæäåíèÿ è ïðåäïðèÿòèÿ ïî äîáû÷å ìàðãàíöåâûõ è õðîìîâûõ ðóä, îñíîâíûå çàïàñû êîòîðûõ íàõîäÿòñÿ íà Óêðàèíå è â Êàçàõñòàíå. Íåäîñòàòî÷íà ñûðüåâàÿ áàçà îãíåóïîðíîé ïðîìûøëåííîñòè [3].

Èç-çà áîëüøîãî êîëè÷åñòâà óñòàðåâøèõ îñíîâíûõ ôîíäîâ ìåòàëëóðãèÿ íàíîñèò çíà÷èòåëüíûé óùåðá îêðóæàþùåé ñðåäå - 400-450 ìëðä. ðóá (öåíû 1992 ã.) [3].

Èç-çà âûñîêèõ òàìîæåííûõ ïîøëèí, ïðîòåêöèîíèñòñêèõ ìåð è âûñîêîé êîíêóðåíöèè ïðàêòè÷åñêè íå ïîääàþòñÿ ðàñøèðåíèþ ðûíêè ñáûòà â Çàïàäíîé Åâðîïå, Ñåâåðíîé è Öåíòðàëüíîé Àìåðèêå. Âûñîêêàÿ ðåñóðñîåìêîñòü ïðîèçâîäñòâà ïðè íåäîñòàòî÷íî âûñîêîì óðîâíå êà÷åñòâà îáóñëîâëèâàþò íèçêóþ êîíêóðåíòîñïîñîáíîñòü áîëüøèíñòâà âèäîâ ãîòîâîé ïðîäóêöèè è íà ìèðîâîì ðûíêå ìîæåò êîíêóðèðîâàòü òîëüêî 10-15% ãîòîâîé ìåòàëëîïðîäóêöèè: ýëåêòðîòåõíè÷åñêàÿ ñòàëü (÷àñòè÷íî), àðìàòóðíàÿ ñòàëü, ëåãèðîâàííûé ñîðòîïðîêàò, ðåëüñû, ñóäîâàÿ ëèñòîâàÿ ñòàëü è íåêîòîðûå äðóãèå, à òàêæå ïîëóôàáðèêàòû (÷óãóí, çàãîòîâêà äëÿ ïåðåäåëà, ãîðÿ÷åêàòàííûå ðóëîíû) [3].

Ìîæíî âûäåëèòü ñëåäóþùèå îñíîâíûå òåõíîëîãè÷åñêèå íàïðàâëåíèÿ ðàáîò ïî ìîäåðíèçàöèè ïðîèçâîäñòâà [1,3]:

êîìïëåêñíîå èñïîëüçîâàíèå ñûðüÿ;

áîëåå ãëóáîêîå îáîãàùåíèå ðóä, ìàêñèìàëüíî âîçìîæíàÿ ïåðåðàáîòêà íàêîïëåííîãî è îáðàçóþùåãîñÿ ìåòàëëè÷åñêîãî ëîìà ñ öåëüþ ñíèæåíèÿ ýíåðãåòè÷åñêèõ çàòðàò;

ñîâåðøåíñòâîâàíèå ñòðóêòóðû ñòàëåïëàâèëüíîãî ïðîèçâîäñòâà ïóòåì çàìåíû ìàðòåíîâñêèõ ïå÷åé íà ñîâðåìåííûå ñòàëåïëàâèëüíûå àãðåãàòû ñ ðàçëèâêîé ñòàëè íà ÌÍËÇ;

ìèíèìèçàöèÿ èçäåðæåê ïðîèçâîäñòâà, âêëþ÷àÿ òðàíñïîðòíûå ðàñõîäû íà ïåðåâîçêó ñûðüÿ è ãîòîâîé ïðîäóêöèè;

îðãàíèçàöèÿ ïðîèçâîäñòâà îòäåëüíûõ âèäîâ ìåòàëëîïðîäóêöèè, ñíèæàþùèõ óäåëáíóþ ìåòàëëîåìêîñòü íàöèîíàëüíîãî äîõîäà, âêëþ÷àÿ õîëîäíîêàòàííûé ëèñò, êîððîçèîííî-çàùèùåííûå ìåòàëëè÷åñêèå èçäåëèÿ, õîëîäíîãíóòûå ïðîôèëè è äð.;

ïîâûøåíèå êà÷åñòâà ñòàëüíîé çàãîòîâêè (ñîäåðæàíèå õèìè÷åñêèõ ýëåìåíòîâ â óçêèõ ïðåäåëàõ, áåçäåôåêòíàÿ ïîâåðõíîñòü, êà÷åñòâåííàÿ ìàêðî- è ìèêðîïðîäóêöèÿ.

Â îòíîñèòåëüíî êðàòêîñðî÷íîé (10-20 ëåò) ïåðñïåêòèâå íàèáîëåå ïðåäïî÷òèòåëüíûìè áóäóò êîíâåðòåðíûé è ýëåêòðîñòàëåïëàâèëüíûé ïðîöåññû [1].

Â ïåðåõîäíûé ïåðèîä ÷àñòü ñòàëè áóäåò âûïëàâëÿòüñÿ â ìàðòåíîâñêèõ ïå÷àõ. Çäåñü âîçìîæíû äâà ïàðàëëåëüíî èäóùèõ ïðîöåññà: ðåêîíñòðóêöèÿ ìàðòåíîâñêèõ ïå÷åé â ïðÿìîòî÷íûå àãðåãàòû è âîçâðàò ê êëàññè÷åñêîìó ìàðòåíîâñêîìó ïðîöåññó áåç èñïîëüçîâàíèÿ êèñëîðîäà èëè ñ âåñüìà îãðàíè÷åííûì åãî ïðèìåíåíèåì. Ïðè ýòîì äëèòåëüíîé ïåðñïåêòèâû ýòè ïðîöåññû íå èìåþò. Èäóò ïîïûòêè ïîèñêà ðåøåíèé âïèñàòü â ñóùåñòâóþùèå çäàíèÿ ìàðòåíîâñêèõ öåõîâ êîíâåðòåðû è ýëåêòðîïå÷è ïðè èõ ñîîòâåòñòâèè ñàìûì ñîâðåìåííûì òðåáîâàíèÿì, à òàêæå ðàçðàáîòàòü íîâûé êîíêóðåíòîñïîñîáíûé ñòàëåïëàâèëüíûé àãðåãàò (íàïðèìåð óæå ôóíêöèîíèðóþùàÿ â ÑØÀ òåõíîëîãè÷åñêàÿ ñõåìà òèïà: ïëàâèëüíûé àãðåãàò - óñòàíîâêà âíåïå÷íîé îáðàáîòêè - óñòàíîâêà ïîëó÷åíèÿ çàãîòîâêè ìàëîãî ñå÷åíèÿ - ïðîêàòíûé ñòàí) [1].

Êîìèòåò ïî ìåòàëëóðãèè ïîäãîòîâèë ïðîåêò "Íàöèîíàëüíîé ïðîãðàììû òåõíè÷åñêîãî ïåðåâîîðóæåíèÿ è ðàçâèòèÿ ìåòàëëóðãèè Ðîññèè". Â òå÷åíèå 1993-2000 ãã. ïðîåêòîì ïðåäóñìîòðåíà ëèêâèäàöèÿ ìàðòåíîâñêîãî ïðîèçâîäñòâà ñ çàìåíîé åãî êîíâåðòåðíûì è ýëåêòðîñòàëåïëàâèëüíîì íà çàâîäàõ â ×åëÿáèíñêå, Ìàãíèòîãîðñêå, Íîâîêóçíåöêå è â Íèæíåì Òàãèëå. Íà äðóãèõ ïðåäïðèÿòèÿõ áóäåò ïðîèñõîäèòü ÷àñòè÷íàÿ çàìåíà îáîðóäîâàíèÿ, ÷òî äîëæíî óâåëè÷èòü äîëþ ïðîèçâîäñòâà êîíâåðòåðíîé ñòàëè ê 2000 ãîäó äî 52% [2].

Âñå ñòàëåïëàâèëüíîå îáîðóäîâàíèå, âêëþ÷àÿ êîíâåðòåðû, ýëåêòðîñòàëåïëàâèëüíûå ïå÷è, óñòàíîâêè âíåïå÷íîé îáðàáîòêè ñòàëè è ìàøèíû íåïðèðûâíîãî ëèòüÿ çàãîòîâîê, íàìå÷àåòñÿ èçãîòîâèòü íà îòå÷åñòâåííûõ ìàøèíîñòðîèòåëüíûõ ïðåäïðèÿòèÿõ è çàâîäàõ ÂÏÊ. Ïî èìïîðòó ïðåäïîëàãàåòñÿ ïðèîáðåñòè ëèøü ýëåêòðîííóþ è ãèäðàâëè÷åñêóþ àïïàðàòóðó äëÿ àâòîìàòèçèðîâàííûõ ñèñòåì [2].

Ââûïîëíåíèå íàöèîíàëüíîé ïðîãðàììû îáëåã÷èò ñîçäàíèå îòðàñëåâîãî áàíêà, êîòîðûé óæå ïîëó÷èë ëèöåíçèþ è ïðèñòóïàåò ê ðàáîòå. Îäíàêî íå ðåøåíû åùå ìíîãèå ôèíàíñîâûå ïðîáëåìû îòðàñëè. Ïðåäïðèÿòèÿ òðåáóþò èíäåêñèðîâàòü îáîðîòíûå ñðåäñòâà è ïðîñÿò èçìåíèòü óñòàíîâëåííûé Ìèíôèíîì ïîðÿäîê âûäåëåíèÿ áþäæåòíûõ ñðåäñòâ ïî ôàêòè÷åñêîìó îñâîåíèþ êàïèòàëüíûõ âëîæåíèé, êîòîðûé ïðîòèâîðå÷èò ñóùåñòâóþùåìó ïîðÿäêó ïðåäîïëàòû ñ÷åòîâ çà ìàòåðèàëû, ðåñóðñû è óñëóãè [2].

Ñåðüåçíîé ïðîáëåìîé îñòàþòñÿ íåäîñòàòêè ñëóæáû ñåðòèôèêàöèè è ñòàíäàðòèçàöèè, à òàêæå íåýôôåêòèâíîå ôóíêöèîíèðîâàíèå òàìîæåííîãî êîíòðîëÿ è ïîðòîâûõ õîçÿéñòâ (â êîíöå 1992 ãîäà áîëåå ìèëëèîíà òîíí ìåòàëëîïðîäóêöèè ñêîïèëîñü â ïîðòàõ èëè áðîøåíî íà ïîäõîäàõ ê íèì) [2].

Çà ïåðâîå ïîëóãîäèå 1993 ãîäà èíâåñòèöèè â îòðàñëü ñîñòàâèëè 242 ìëðä. ðóáëåé, îæèäàåòñÿ, ÷òî ê êîíöó ãîäà îíè óâåëè÷àòñÿ äî 510 ìëðä. ðóáëåé. Â 1992 ãîäó îíè ñîñòàâèëè 61,7 ìëðä. ðóáëåé [2].

Ïðåäïðèÿòèÿ óæå íå æäóò ïîìîùè èç ãîñáþäæåòà, à îáåñïå÷èâàþò ñåáÿ ñàìè, èñïîëüçóÿ ïðèáûëü, êîììåð÷åñêèå è ëüãîòíûå êðåäèòû. Îäíàêî ìîùíîñòè ïî ïðîèçâîäñòâó ïðîêàòà è òðóá â 1992 ãîäó áûëè çàãðóæåíû âñåãî íà 72 ïðîöåíòà. Ïîýòîìó áîëüøóþ ðîëü äëÿ îòðàñëè èãðàþò èíâåñòèöèè â ìàøèíîñòðîèòåëüíûé, íåôòå-ãàçîâûé è âîåííî-ïðîìûøëåííûé êîìïëåêñû, ïîñêîëüêó ýòî îáåñïå÷èâàåò ñïðîñ íà ïðîäóêöèþ [2].

Ñóùåñòâåííûì ÿâëÿåòñÿ òîò ôàêò, ÷òî 75% ñðåäñòâ íà âûïîëíåíèå íàöèîíàëüíîé ïðîãðàììû ó ïðîèçâîäèòåëåé åñòü (69,9% - ñâîè ñðåäñòâà, 5,1% - èíîñðàííûå èíâåñòèöèè è êîììåð÷åñêèå êðåäèòû). Åäèíñòâåííîé ïðîñüáîé ê ãîñóäàðñòâó îñòàåòñÿ ïðîñüáà îá îòñðî÷êå ïî ïëàòåæàì òàìîæåííûõ ïîøëèí. Ýòî ñâÿçàíî ñî ñïåöèôèêîé ïóñêà íîâîãî îáîðóäîâàíèÿ , äëÿ ïîäãîòîâêè êîòîðîãî òðåáóåòñÿ îêîëî ãîäà. Çà ñ÷åò òàêîé îòñðî÷êè îòðàñëü áóäåò èìåòü íåäîñòàþùèå 25% ñðåäñòâ íà âûïîëíåíèå íàöèîíàëüíîé ïðîãðàììû [2].

Íî âñå ýòè ïëàíû è îæèäàíèÿ ìîãóò áûòü ïåðå÷åðêíóòû ïðè ââåäåíèè ñâîáîäíûõ öåí íà ýíåðãîíîñèòåëè. Êàê ïîêàçûâàþò ðàñ÷åòû Êîìèòåòà ÐÔ ïî ìåòàëëóðãèè, ïîâûøåíèå öåí íà óãîëü è ýíåðãîíîñèòåëè áîëåå ÷åì â òðè ðàçà ïðèâåäåò ê ñåðüåçíîìó êðèçèñó íå òîëüêî â ÷åðíîé ìåòàëëóðãèè, íî è âî ìãíîãèõ îòðàñëÿõ [2].

Â 1992 ãîäó ïðèâàòèçàöèåé áûëî îõâà÷åíî áîëüøèíñòâàî ïðåäïðèÿòèé îòðàñëè (171 îò÷èòàâøååñÿ èç 221). Îêîëî 70% ïðåäïðèÿòèé (92 èç 221) âûáðàëè âòîðîé åå âàðèàíò (51% àêöèé ïðèíàäëåæèò ïåðñîíàëó). Îñòàåòñÿ ïîêà íå äîñòèãíóòîé ãëàâíàÿ öåëü ïðèâàòèçàöèè: îíà íå ñïîñîáñòâóåò ñòàáèëèçàöèè ïðîèçâîäñòâà è íå îáåñïå÷èâàåò ðîñòà ïðîèçâîäèòåëáíîñòè òðóäà. Â Êîìèòåòå ÐÔ ïî ìåòàëëóðãèè ñ÷èòàþò, ÷òî ñóùåñòâóþùåå çàêîíîäàòåëüñòâî íå äàåò âîçìîæíîñòè îðãàíàì ôåäåðàëüíîé èñïîëíèòåëüíîé âëàñòè îêàçûâàòü âëèÿíèå íà ïðîöåññû àêöèîíèðîâàíèÿ ïîäâåäîìñòâåííûõ ïðåäïðèÿòèé. Îñíîâíûì ñðåäñòâîì ãîñóäàðñòâåííîãî âëèÿíèÿ êîìèòåò âèäèò ñîõðàíåíèå â ôåäåðàëüíîé ñîáñòâåííîñòè íà 3 ãîäà êîíòðîëüíîãî ïàêåòà àêöèé è âûïóñê ïðè ýìèññèè àêöèé ýòèõ ïðåäïðèÿòèé "Çîëîòîé àêöèè". Ïðè ýòîì êîìèòåò íàìåðåí ïðåäñòàâëÿòü èíòåðåñû ãîñóäàðñòâà ïî àêöèÿì, çàêðåïëåííûì â ôåäåðàëüíîé ñîáñòâåííîñòè [2].

**Ðàçðàáîòêà òåõíîëîãè÷åñêîé ñõåìû ïðîèçâîäñòâà ñòàëè ìàðêè 35Ã2.**

1. Õàðàêòåðèñòèêà ìàðêè ñòàëè 35Ã2 [7].

*Õèìè÷åñêèé ñîñòàâ.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ñ | Si | Mn | P | S | Cu | Cr | Ni |
| 0,31-0,39 | 0,17-0,37 | 1,4-1,8 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |

*Íàçíà÷åíèå* - âàëû, ïîëóîñè, öàïôû, ðû÷àãè ñöåïëåíèÿ, âèëêè, ôëàíöû, êîëåí÷àòûå âàëû, øàòóíû, áîëòû, êîëüöà, êîæóõè, øåñòåðíè è äðóãèå äåòàëè, ïðèìåíÿåìûå â ðàçëè÷íûõ îòðàñëÿõ ìàøèíîñòðîåíèÿ, ê êîòîðûì ïðåäúÿâëÿþòñÿ òðåáîâàíèÿ ïîâûøåííîé èçíîñîñòîéêîñòè.

*Òåõíîëîãè÷åñêèå ñâîéñòâà:*

Òåìïåðàòóðà êîâêè, C: íà÷àëà 1200, êîíöà 800.

Ñâàðèâàåìîñòü - ÐÄÑ, íåîáõîäèìûé ïîäîãðåâ è ïîñëåäóþùàÿ òåðìîîáðàáîòêà, ÊÒÑ, òðåáóåòñÿ ïîñëåäóþùàÿ òåðìîîáðàáîòêà.

Îáðàáàòûâàåìîñòü ðåçàíèåì - ïðè HB 156-207 K òâ.ñïë.=0,85,

Êá.ñò.=0,65

Ôëîêåíî÷óâñòâèòåëüíîñòü - ÷óâñòâèòåëüíà.

Ñêëîííîñòü ê îòïóñêíîé õðóïêîñòè - ñêëîííà.

2. Àíàëèç ñîñòàâà ÷óãóíà, âíåäîìåííàÿ îáðàáîòêà ÷óãóíà, îïðåäåëåíèå ðàñõîäà ðåàãåíòîâ íà îáðàáîòêó.

*Õèìè÷åñêèé ñîñòàâ ÷óãóíà:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ñ | Si | Mn | S | P |
| 4,8 | 0,85 | 0,75 | 0,08 | 0,24 |

Ñîäåðæàíèå ïðèìåñåé â öåëîì ñîîòâåòñòâóåò îïòèìàëüíîìó, çà èñêëþ÷åíèåì ñåðû, ñîäåðæàíèå êîòîðîé â ÷óãóíå ñîñòàâëÿåò 0,08% è ÿâëÿåòñÿ íåäîïóñòèìûì, ò. ê. íåâîçìîæíî òîãäà ïîëó÷èòü ñòàëü ñ ñîäåðæàíèåì ñåðû ìåíåå 0,035%. Ñ öåëüþ óìåíüøåíèÿ ñîäåðæàíèÿ ñåðû â ÷óãóíå ïðîâîäèòñÿ âíåäîìåííàÿ äåñóëüôóðàöèÿ ïîðîøêîîáðàçíîé èçâåñòüþ â ïîòîêå ïðèðîäíîãî ãàçà â êîâøàõ ìèêñåðíîãî òèïà.

Äåñóëüôóðàöèÿ ÷óãóíà èçâåñòüþ.

[S]í=0,08

[S]ê=0,03

T÷=1315Ñ

[S]ê=0,005+4,05[S]í/2,2q+0,23(S)èçâ.

[S]èçâ.=0,022

q=4,05[S]í/{2,2([S]ê-0,005-0,23(S)èçâ.)}

q=4,05\*0,08/2,2(0,03-0,005-0,23\*0,022)=7,39 êã/ò ÷óã

3. Îïðåäåëåíèå ìàêñèìàëüíî âîçìîæíîé äîëè ëîìà.

Ïðèõîä òåïëà

1) Q÷óã.ôèç.=100[0,7451200+217+0,88(1290-1200)]=119020 êÄæ

Ñ=4,8-0,9050,3=4,528

Si=0,85

Mn=0,75-0,9050,1=0,66

P=0,24-0,9050,02=0,222

Q÷óã.õèì.=14786\*4,528+28160\*0,85+7000\*0,66+29606\*0,222=102079 êÄæ

3) Gøë.=100[(1+3)\*2,14\*0,85+1,29\*0,66+2,29\*0,222+1]/(100-10)=10,71 êÄæ

Q FeO=4225\*0,01\*10\*10,71=4525 êÄæ

4) Q Fe äûì=5100\*1,5=7650 êÄæ

Qïðèõ.=233274 êÄæ

Ðàñõîä òåïëà

1) Qñò.ôèç.=90,3[0,7\*1500+276+0,84(1539-80\*0,3+100-1500)]=128400 êÄæ

2) Qøë.ôèç.=10,17(1,25\*1615+210)=22666,4 êÄæ

3) Qãàç.ôèç.=0,9\*4,528\*1500\*1,176\*28/12+0,1\*4,528\*1500\*1,892\*44/12=20204 êÄæ

4) Qäûì=(1,23\*1500+210)\*2,14=4398 êÄæ

5) Qïîò.=(128400+22666+20204+4398)\*3/97=5433 êÄæ

Qðàñõ.=181101 êÄæ

Q=233274-181101=52173 êÄæ

Q'=-1020,79+1284+214,521=477,7 êÄæ

Gë=52173\*[1+477,7/(1190,2+1020,79)]/(1190,2+1020,79)=28,69 %

Ïîâûøåíèå äîëè ëîìà â øèõòå êîíâåðòåðà äîñòèãàåòñÿ ïóòåì óâåëè÷åíèÿ ïðèõîäà òåïëà â ðàáî÷åå ïðîñòðàíñòâî êîíâåðòåðà. Ïðè ïåðåõîäå íà ðàáîòó ñ êîìáèíèðîâàííûì äóòüåì íåñêîëüêî ñíèæàåòñÿ êîëè÷åñòâî ïîñòóïàþùåãî â êîíâåðòåð òåïëà â ñëåäñòâèå ìåíüøåãî ðàçâèòèÿ îêèñëèòåëüíûõ ðåàêöèé â âàííå ïî ñðàâíåíèþ ñ îáû÷íîé ïðîäóâêîé êèñëîðîäîì ñâåðõó, à òàêæå îõëàæäàþùåãî äåéñòâèÿ äîííîãî äóòüÿ èíåðòíûì ãàçîì.

Ñ öåëüþ óâåëè÷åíèÿ ïðèõîäà òåïëà â ðàáî÷åå ïðñòðàíñòâî êîíâåðòåðà èñïîëüçóþò êîìáèíàöèþ óâåëè÷åíèÿ ñòåïåíè äîæèãàíèÿ ÑÎ è ïðåäâàðèòåëüíûé íàãðåâ ëîìà.

Äëÿ óâåëè÷åíèÿ ñòåïåíè äîæèãàíèÿ CO èñïîëüçóþò äâóõúÿðóñíûå ôóðìû. Ïðè ýòîì áîëüøàÿ ÷àñòü îáðàçóþùåãîñÿ CO2 ÿâëÿåòñÿ ðåçóëüòàòîì âçàèìîäåéñòâèÿ ñ ÑÎ âòîðè÷íîãî êèñëîðîäà äóòüÿ âåðõíåãî ÿðóñà. Ïðè ýòîì îáúåì îòõîäÿùèõ ãàçîâ íå óâåëè÷èâàåòñÿ è íàãðóçêà íà ãàçîî÷èñòêó íå âîçðàñòàåò.

Êðîìå òîãî èñïîëüçóþò ïðåäâàðèòåëüíûé íàãðåâ ëîìà äî 600Ñ â ïîëîñòè êîíâåðòåðà ïðèðîäíûì ãàçîì.

Qäîï. ëîì=(600-20)\*28,69\*0,7=11648 êÄæ

q=11648/(1190,2+1020,79)=5,27%

Qco=0,3\*23583\*0,3\*4,528=9610,5 êÄæ

q=9610,5/(1190+1020,8)=4,35%

Gë. max=28,69+5,27+4,35=38,31%

4. Ïðîäóâêà.

Êîìáèíèðîâàííîå äóòüå ñïîñîáñòâóåò áîëåå ïîëíîìó ðàôèíèðîâàíèþ ìåòàëëà îò ïðèìåñåé, îáåñïå÷èâàåò ïîâûøåíèå âûõîäà ãîäíîãî.

Ïðèìåíåíèå äîííîé ïðîäóâêè èíåðòíûì ãàçîì ñïîñîáñòâóåò èíòåíñèâíîìó ïåðåìåøèâàíèþ ìåòàëëè÷åñêîé âàííû è ñîîòâåòñòâåííî ïðèáëèæàåò ê ðàâíîâåñèþ ðåàêöèè ìåæäó ìåòàëëîì è øëàêîì.

Íàèáîëüøåå ðàñïðîñòðàíåíèå èç ýòîé ãðóïïû ïðîöåññîâ ïîëó÷èë LBE-ïðîöåññ (Lance-Bubling-Equilibrum), ðàçðàáîòàííûé ôèðìîé ABBED (Ëþêñåìáóðã) è èíñòèòóòîì IRSID (Ôðàíöèÿ). Ïðîöåññ LBE ïðåäóñìàòðèâàåò âäóâàíèå â ìåòàëëè÷åñêóþ âàííó ÷åðåç ïîðèñòûå îãíåóïîðíûå áëîêè â äíèùå êîíâåðòåðà èíåðòíîãî ãàçà (Ar, N2, CO2) â ñî÷åòàíèè ñ âåðõíèì êèñëîðîäíûì äóòüåì. Äëÿ âåðõíåé ïðîäóâêè èñïîëüçóþò ñïåöèàëüíóþ äâóõúÿðóñíóþ ôóðìó, â êîòîðîé êðîìå îáû÷íûõ ñîïåë, ïðåäíàçíà÷åííûõ äëÿ âäóâàíèÿ êèñëîðîäà â âàííó, èìååòñÿ ðÿä îòâåðñòèé äëÿ ïîòîêà êèñëîðîäà äëÿ äîæèãàíèÿ CO äî CO2. Ïðîäóâêó èíåðòíûì ãàçîì ÷åðåç ïîðèñòûå áëîêè íà÷èíàþò çà íåñêîëüêî ìèíóò äî îêîí÷àíèÿ êèñëîðîäíîé ïðîäóâêè ñâåðõó è ïðîäîëæàþò åå â òå÷åíèå 1-2 ìèí ïîñëå ïðåêðàùåíèÿ âåðõíåãî äóòüÿ. Îïûò ðàáîòû 310- è 210-ò êîíâåðòåðîâ LBE ñâèäåòåëüñòâóåò î ïîâûøåíèè âûõîäà ãîäíîãî íà 0,5-0,6%, ñíèæåíèè ðàñõîäà àëþìèíèÿ è êèñëîðîäà íà 1,2 ì3/ò. Áëàãîäàðÿ âûñîêèì òåõíèêî-ýêîíîìè÷åñêèì ïîêàçàòåëÿì LBE-ïðîöåññ øèðîêî âíåäðåí â ïðàêòèêó êèñëîðîäíî-êîíâåðòåðíîãî ïðîèçâîäñòâà.

Äëÿ ôóòåðîâêè èñïîëüçóþòñÿ ïåðèêëàçîóãëåðîäèñòûå îãíåóïîðû. Îíè îáëàäàþò âûñîêîé òåðìîñòîéêîñòüþ, ïîâûøåííîé óñòîé÷èâîñòüþ ê ïðîíèêíîâåíèþ øëàêà; íà èõ ïîâåðõíîñòè îáðàçóåòñÿ ïðî÷íîå øëàêîâîå ïîêðûòèå, êîòîðîå îáåñïå÷èâàåò âûñîêóþ ñòîéêîñòü ôóòåðîâêè.

Ñ öåëüþ ïîâûøåíèÿ ñòîéêîñòè ôóòåðîâêè ïðèìåíÿåòñÿ äîëîìèòèçèðîâàííàÿ èçâåñòü.

**Ïðîäóâêà.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ñ | Si | Mn | S | P | Cu | Cr | Ni |
| ×óãóí 61,7% | 4,8 | 0,85 | 0,75 | 0,03 | 0,24 |  |  |  |
| Ëîì 38,3% | 0,268 | 0,12 | 0,76 | 0,039 | 0,039 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| ÆÓÐ | 3,06 | 0,57 | 0,75 | 0,033 | 0,163 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Ïîëóïðîäóêò | 0,3 | 0 | 0,1 | 0,025 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Êîëè÷åñòâî îêèñëèâøèõñÿ ïðèìåñåé, êã/100 êã ì.ø.

Ñ: 3,06-0,905\*0,3=2,788

Si: 0,57

Mn: 0,75-0,905\*0,1=0,659

S: 0,033-0,905\*0,025=0,01

P: 0,163-0,905\*0,02=0,145

Ðàñõîä êèñëîðîäà íà îêèñëåíèå ïðèìåñåé

C: 0,7\*2,788\*16/12+0,3\*2,788\*32/12=4,832

Si: 0,57\*32/28=0,65

Mn: 0,659\*16/55=0,192

S: 0,1\*0,01\*32/32=0,001

P: 0,145\*5\*32/4/31=0,187

Fe: 1,5\*3\*32/4/56=0,643

[O]: 0,9\*0,01\*16/32=0,0045

=4,832+0,65+0,192+0,001+0,187+0,643-0,0045=6,5

Îïðåäåëåíèå ðàñõîäà èçâåñòè

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ñîñòàâ | SiO2 | CaO | MgO | Al2O3 | Fe2O3 | C | H2O | CO2 |
| èçâåñòü | 3 | 70 | 23 |  | 1 |  | 1 | 2 |
| áîêñèò | 20 | 4 |  | 52 | 18 |  | 6 |  |
| ôóòåðîâêà |  | 6,8 | 79,2 |  |  | 14,0 |  |  |

CaO SiO2

èç ôóòåðîâêè 0,02

èç áîêñèòà 0,024 0,12

èç èçâåñòè 0,7y 0,03y

èç ìåòàëëîøèõòû 1,22

3=(0,044+0,7y)/1,34+0,03y)

y=6,518

Õèìè÷åñêèé ñîñòàâ øëàêà

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| èñòî÷íèê øëàêà | SiO2 | CaO | MgO | Al2O3 | S | MnO | P2O5 | Fe2O3 | FeO |
| ìåòàëëîøèõòà | 1,22 |  |  |  | 0,009 | 0,851 | 0,332 | 0,088 | 0,78 |
| ôóòåðîâêà |  | 0,02 | 0,28 |  |  |  |  |  |  |
| áîêñèò | 0,12 | 0,022 |  | 0,312 |  |  |  | 0,108 |  |
| èçâåñòü | 0,195 | 4,56 | 1,5 |  |  |  |  | 0,065 |  |
| èòîãî, êã | 1,513 | 4,602 | 1,78 | 0,312 | 0,009 | 0,851 | 0,332 | 0,261 | 0,78 |
| % | 20,16 | 48,18 | 4,16 | 4,49 | 0,001 | 9,21 | 3,779 | 2,5 | 7,5 |

ìàññà øëàêà áåç îêñèäîâ Fe =9,399 êã

FeO=10%

Møë.=8,319/0,9=10,44 êã

Ìàññà îêñèäîâ Fe = 10,44-9,399=0,921 êã

FeO=0,783 êã

Fe2O3=0,261 êã

0,261-0,065-0,108=0,088 Fe2O3 ïîñòóïèò èç Ìå

0,792 Fe óõîäèò â øëàê

0,2 êèñëîðîäà ðàñõîäóåòñÿ íà îêèñëåíèå äî FeO è Fe2O3

=100-0,792-1-0,5-1,5-4,172=92,04

1000/0,9204=1086,78 êã/ò - ðàñõîä ìåòàëëîøèõòû

383/0,9204=416,12 êã/ò - ðàñõîä ëîìà

O2=6,5+0,2=6,7 êã

95% O2 óñâîèòñÿ

Ñîñòàâ òåõíè÷åñêîãî êèñëîðîäà : 99,5% O2, 0,5% N2

Ðàñõîä òåõíè÷åñêîãî êèñëîðîäà : 6,7\*22,4/(32\*0,95\*0,995)=4,962 ì3

V N2 =4,962\*0,005=0,0248 ì3

M N2 =0,0248\*28/22,4=0,031 êã

V O2 íåóñâ.=(4,962-0,031)\*0,05=0,246 ì3

M O2 íåóñâ.=0,246\*32/22,4=0,352 êã

M O2 òåõí.=6,7+0,031+0,352=7,083 êã

q O2 =49,62/0,9204=53,91 ì3/ò

=53,91/3,5=15,4 ìèí.

q Ar =6\*0,1=0,6 ì3/ò

Cîñòàâ è êîëè÷åñòâî îòõîäÿùèõ ãàçîâ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | êã/100 êã ì.ø. | ì3 | % |
| CO2 | 3,0668 | 1,4312 | 25,92 |
| CO | 4,554 | 3,6432 | 65,98 |
| H2O | 0,0688 | 0,0856 | 1,55 |
| O2 | 0,352 | 0,2464 | 4,46 |
| N2 | 0,031 | 0,0248 | 0,46 |
| SO2 | 0,002 | 0,0007 | 0,01 |
| Ar | 0,06 | 0,0896 | 1,62 |
|  | 8,1146 | 5,5215 | 100 |

Ìàòåðèàëüíûé áàëàíñ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ïîñòóïèëî | | | Ïîëó÷åíî | | |
| ¹ |  | êã/100 êã | ¹ |  | êã/100 êã | |
| 1 | ÷óãóí | 61,7 | 1 | ïîëóïðîäóêò | 92,04 | |
| 2 | ëîì | 38,3 | 2 | øëàê | 10,44 | |
| 3 | èçâåñòü | 6,518 | 3 | ãàçû | 8,115 | |
| 4 | áîêñèò | 0,6 | 4 | êîðîëüêè | 0,5 | |
| 5 | ôóòåðîâêà | 0,3 | 5 | âûáðîñ | 1,0 | |
| 6 | òåõíè÷åñêèé êèñëîðîä | 7,08 | 6 | ïûëü | 2,143 | |
| 7 | àðãîí | 0,06 | 7 | èòîãî | 114,24 | |
| 8 | èòîãî | 114,54 |  |  |  | |

Íåâÿçêà 0,3 (0,26%)

5. Âíåïå÷íàÿ îáðàáîòêà. Ðàçëèâêà.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ñ | | Si | | Mn | S | | P | | Cu | | Cr | | Ni | |
| Ïîëóïðîäóêò | 0,3 | |  | | 0,1 | 0,025 | | 0,02 | | 0,02 | | 0,02 | | 0,02 | |
| Ñòàëü | | 0,31-0,39 | 0,17-0,37 | 1,4-1,8 | | | 0,035 | | 0,035 | | 0,30 | | 0,30 | 0,30 |

Ëåãèðîâàíèå ñèëèêîìàðãàíåöåì ÑÌí14

ð=1,4/0,8\*0,65=2,69 êã/100 êã

[Si]=2,69\*0,14\*0,8=0,3 êã

[Mn]=0,1+1,4=1,5 êã

[C]=0,3+2,69\*0,8\*0,025=0,354 êã

[P]=0,02+2,69\*0,8\*0,0025=0,025 êã

[S]=0,025+2,69\*0,8\*0,0003=0,026 êã

Ââèäó îòâåòñòâåííîñòè âûïëàâëÿåìîé ñòàëè íåîáõîäèìî ïðîâåñòè åå âíåïå÷íóþ îáðàáîòêó ñ öåëüþ äåãàçàöèè è óñðåäíåíèÿ.

Äëÿ âíåïå÷íîé îáðàáîòêè èñïîëüçóåòñÿ óñòàíîâêà öèðêóëÿöèîííîãî âàêóóìèðîâàíèÿ (RH-ïðîöåññ). Äëÿ ýòîãî ïðîöåññà õàðàêòåðíà âûñîêàÿ ñòåïåíü óäàëåíèÿ âîäîðîäà, áîëüøàÿ ãèáêîñòü è ýêîíîìè÷íîñòü. Ïðîäîëæèòåëüíîñòü îáðàáîòêè ñîñòàâëÿåò 25 ìèí.

Ðàçëèâêà ïðîèçâîäèòñÿ íà ÌÍËÇ. Ýòî ïîçâîëÿåò óâåëè÷èòü âûõîä ãîäíîãî ïðîêàòà íà 6-12%. Âñëåäñòâèå ìàëûõ ïîïåðå÷íûõ ðàçìåðîâ ñëèòêà è âûñîêîé ñêîðîñòè êðèñòàëëèçàöèè ñòàëè îãðàíè÷èâàåòñÿ ðàçâèòèå ëèêâàöèè. Ñëèòîê, îòëèòûé íà ÌÍËÇ, çàòâåðäåâàåò â ñòàáèëüíûõ óñëîâèÿõ è èìååò âûñîêóþ ñòðóêòóðíóþ è õèìè÷åñêóþ îäíîðîäíîñòü. Íåïðèðûâíî ëèòûå ñëèòêè èëè çàãîòîâêè ïðîêàòûâàþò íåïîñëåäñòâåííî íà ëèñòîâûõ èëè ñîðòîâûõ ñòàíàõ. Ïðèìåíåíèå íåïðèðûâíîé ðàçëèâêè ñòàëè ïîçâîëÿåò èñêëþ÷èòü èç ïðîèçâîäñòâåííîãî öèêëà îïåðàöèè ïî ïîäãîòîâêå ðàçëèâî÷íîãî ñîñòàâà èëè êàíàâû, ïðîêàòêå íà îáæèìíûõ ñòàíàõ è äðóãèõ. Âñå ýòî ïðèâîäèò ê ñíèæåíèþ êàïèòàëüíûõ çàòðàò, óñòðàíåíèþ ðÿäà òðóäîåìåèõ îïåðàöèé, ñîêðàùåíèþ äëèòåëüíîñòè ïðîèçâîäñòâåííîãî öèêëà îò âûïóñêà ñòàëè äî ïîëó÷åíèÿ ãîòîâîãî ïðîêàòà.

Èñïîëüçóåòñÿ êðèâîëèíåéíàÿ ÌÍËÇ, êîòîðàÿ èìååò ìåíüøóþ îáùóþ âûñîòó.

6. Ãîäîâàÿ ïðîèçâîäèòåëüíîñòü öåõà.

Ïðîäîëæèòåëüíîñòü öèêëà:

|  |  |
| --- | --- |
| Îïåðàöè | Ïðîäîëæèòåëüíîñòü, ìèí |
| 1) Îñìîòð êîíâåðòåðà | 6 |
| 2) Çàâàëêà ëîìà è èçâåñòè | 2 |
| 3) Ïîäîãðåâ ëîìà | 15 |
| 5) Çàëèâêà ÷óãóíà | 2 |
| 5) Ïðîäóâêà | 18 |
| 6) Îòáîð ïðîá, çàìåð òåìïåðàòóðû, îæèäàíèå àíàëèçà | 4 |
| 7) Âûïóñê ìåòàëëà | 5 |
| 8) Âûïóñê øëàêà | 2 |
| Èòîãî | 54 |

Ïðîèçâîäèòåëüíîñòü öåõà â ñîñòàâå 3-õ êîíâåðòåðîâ, ðàáîòàþùèõ áåç èñïîëüçîâàíèÿ ðåçåðâíîãî âðåìåíè.

P=1440\*300\*0,97\*365\*2/54=5664800 ò/ãîä

7. Òàáëèöà óäåëüíûõ ðàñõîäîâ íà 1 òîííó ãîäíûõ çàãîòîâîê.

|  |  |
| --- | --- |
| Êîìïîíåíò | Ðàñõîä, êã/ò ãîäíûõ çàãîòîâîê |
| ÷óãóí | 691,1 |
| ëîì | 429 |
| èçâåñòü | 73 |
| áîêñèò | 6,7 |
| ôóòåðîâêà | 3,4 |
| òåõíè÷åñêèé êèñëîðîä | 79,3 |
| àðãîí | 0,67 |
| ïðèðîäíûé ãàç | 7,1 |
| ñèëèêîìàðãàíåö ÑMí14 | 30 |

8. Âûâîäû.

Â ðåçóëèòàòå ïðåäïðèíÿòûõ ìåð óäàëîñü óâåëè÷èòü äîëþ ëîìà â øèõòå êîíâåðòåðà äî 38,3%. Äëÿ ïðîöåññà ïðèìåíåíû ñîâðåìåííûå ìàòåðèàëû (òàêèå êàê ïåðåêëàçîóãëåðîäèñòàÿ ôóòåðîâêà, äîëîìèòèçèðîâàííàÿ èçâåñòü) è ñîâðåìåííàÿ âíåïå÷íàÿ îáðàáîòêà ñòàëè (RH-ïðîöåññ), ÷òî ñïîñîáñòâóåò óëó÷øåíèþ òåõíèêî-ýêîíîìè÷åñêèõ ïîêàçàòåëåé è ïîëó÷åíèþ ñòàëè íåîáõîäèìîãî êà÷åñòâà.

Ñïèñîê èñïîëüçîâàííîé ëèòåðàòóðû.

1. Â.Ã. Àíòèïèí, Ñ.Ç. Àôîíèí, Ë.Ê. Êîñûðåâ "Î íàïðàâëåíèè ðàçâèòèÿ è ñòðóêòóðå ñòàëåïëàâèëüíîãî ïðîèçâîäñòâà", "Ñòàëü" ¹3 1993 ã.

2. Äìèòðèé Ëåîíòüåâ "×åðíàÿ ìåòàëëóðãèÿ Ðîññèè íå æäåò ïîìîùè îò ãîñóäàðñòâà", "Ôèíàíñîâûå èçâåñòèÿ" ¹45 1993 ã.

3. Î.Í. Ñîñêîâåö "Òåõíè÷åñêîå ïåðåâîîðóæåíèå è ðàçâèòèå ìåòàëëóðãèè â Ðîññèè", "Ñòàëü" ¹6 1993 ã.

4. Â.È. ßâîéñêèé è äðóãèå "Ìåòàëëóðãèÿ ñòàëè", "Ìåòàëëóðãèÿ", 1983 ã.

5. Ï.Ï. Àðñåíòüåâ è äðóãèå "Êîíâåðòåðíûé ïðîöåññ ñ êîìáèíèðîâàííûì äóòüåì", "Ìåòàëëóðãèÿ", 1991 ã.

6. Ì.Ï. Êëþåâ "Ëåêöèè ïî ìåòàëëóðãèè ñòàëè",  Ñ.Ñ. Àíèêóøèí, Ìîñêâà, 1993 ã.

7. Ìàðî÷íèê ñòàëåé è ñïëàâîâ, Ìàøèíîñòðîåíèå, 1989 ã.