

Мырзалиев Д.С.¹, Сейдуллаева О.Б.¹, Абзалова Д.А.¹,
Қадырбек Н.Қ.¹

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан

ҚАТАЙТЫЛҒАН ҚАБАТТЫҢ ҚАТТЫЛЫҒЫ МЕН ТЕРЕҢДІГІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Түйіндеме: Мақалада қатайтылған қабаттың қаттылығы мен тереңдігін анықтау әдістемелері қарастырылған. Қаттылық жүктеме шамасының бетінің ауданына, проекция ауданына немесе басып шығару көлеміне қатынасы ретінде анықталады. Беттік, проекциялық және көлемдік қаттылықтың келесідей түрлері ажыратылады: беттік қаттылық-жүктеменің басып шығару бетінің ауданына қатынасы; проекциялық қаттылық-жүктеменің басып шығару проекциясының ауданына қатынасы; көлемдік қаттылық-жүктеменің басып шығару көлеміне қатынасы. Қаттылық үш диапазонда өлшенеді: макро, микро, нано. Қаттылық деп минералогия ғылымында көбінесе бір минералды екінші минералмен тырнап сызғанда соған қарысу дәрежесін айтады. Мұнымен қатар минералдың қаттылығы сыртқы механикалық күштің әсеріне қарысу дәрежесі деп те аталады. Бірақ сыртқы механикалық әсердің өзі де әр түрлі, соған қарай минералдың қарысу дәрежесі де әр түрлі болады. Мақалада қабат қаттылығын анықтаудың бірнеше әдісіне мысалдар келтіру арқылы зерттеулер жүргізілді.

Түйінді сөздер: қаттылық, Бринелл әдісі, микроқаттылық, созылу, беріктік шегі

Кіріспе. Қаттылық – материалдың қаттырақ индентатор денесін енгізуге қарсы тұру қасиеті. Қалпына келтірілген қаттылықты анықтау әдісі. Қаттылық деп материалдардың серпімді деформацияға, пластикалық деформацияға және (немесе) беткі қабаттағы бұзылуға қарсы тұру қабілеті түсіндіріледі. Қаттылықты өлшеу металдарды механикалық сынаудың кең таралған түрлерінің бірі болып табылады. Сынақтың бұл түрін кеңінен қолдану оның келесі артықшылықтарына байланысты:

- қаттылықты өлшеу, әдетте, өнімді (үлгіні) бұзбай жүзеге асырылады, сондықтан оны тікелей дайын бөлікке жүргізуге болады. Бұл жағдайда бөлшектердің өлшемдері өте кең шектерде өзгеруі мүмкін – миллиметрдің бірнеше оннан және жүзден бір бөлігінен (сағаттық серіппелер) бірнеше метрге дейін (станоктардың төсектері, илектеу станоктарының орамдары);

- қаттылықты өлшеу және сыналатын үлгілерді дайындау әдістері салыстырмалы түрде қарапайым және жедел; оларды меңгеру оңай;

- қаттылықты өлшеуге арналған құралдар мен жабдықтар басқа сынақ әдістеріне қарағанда оңайырақ. Оларды кез келген зертханада немесе цехтың тиісті учаскесінде орнатуға болады;

- алынған қаттылық мәні бойынша металдың (қорытпаның) басқа механикалық қасиеттері туралы алдын-ала қорытынды жасауға болады, өйткені металдар мен қорытпалардың көптеген қасиеттері бірдей индикатормен анықталады – оның құрылымы;

- қаттылықты өлшеу бөлшектердің көлденең қимасы бойынша құрылымның өзгеруіне байланысты қорытпаларды термиялық өңдеудің әртүрлі түрлері нәтижесінде қатайтылған беттердің бөлшектерінде болуын (немесе болмауын) бағалауға мүмкіндік береді [1-6].

Қаттылықтың жоғарыдағы анықтамасына қатысты оны өлшеудің үш әдісі бар, атап айтқанда:

- 1) серпімді қалпына келтіру әдісі.
- 2) басу (енгізу) әдісі.
- 3) тырнау әдісі.

Өнеркәсіпте әртүрлі механикалық қасиеттері бар металдар мен олардың қорытпаларының өте көп мөлшері қолданылады.

Бұл қазіргі уақытта аталған үш әдіске қатысты қаттылықты сынаудың шамамен үш ондаған әдістерінің болуына әкелді, олардың әрқайсысының нақты қолдану аясы бар. Осы үлкен әртүрліліктің ішінде бірдей принциптерге негізделген бірнеше кең таралған әдістерді бөліп көрсетуге болады.

Өлшенетін қаттылық, ең алдымен, инденторға қолданылатын жүктемеге байланысты. Мұндай тәуелділік өлшемдік эффект (indentation size effect) деп аталады. Қаттылықтың жүктемеге тәуелділігінің сипаты индентордың пішінімен анықталады:

- сфералық индентатор үшін-жүктеме жоғарылаған сайын қаттылық артады - кері Өлшем әсері(reverse indentation size effect);

- викерс немесе Беркович пирамидасы түріндегі индентатор үшін-

жүктеме жоғарылаған сайын қаттылық азаяды-тікелей немесе жай өлшемді әсер (indentation size effect);

- сфероконикалық индентор үшін (Роквэллдің қатты өлшегіш конусының түрі) — жүктеме жоғарылаған сайын, индентордың сфералық бөлігі енгізілген кезде қаттылық алдымен жоғарылайды, содан кейін төмендей бастайды (индентордың конустық бөлігі үшін).

Нәтижелер және талқылау. Техникалық әдебиеттерде қаттылық әрқашан H әрпімен белгіленеді (ағылшын тілінен hardness-қаттылық). H әрпінен кейін әрдайым қаттылықты сынау әдісін білдіретін бір немесе екі әріп жазылады, мысалы: HB-Бринеллдің қаттылығы; HRA, HRB, HRC-Роквэлл әдісі бойынша қаттылығы (A, B және C шкалалары бойынша); HV-Викерс әдісі бойынша қаттылығы; HSD-Шор әдісі бойынша қаттылығы; HP-Польди әдісі бойынша қаттылығы; H_e - микро-қаттылық және т. б. [7,8].

Қаттылықты сынаудың кейбір әдістерінің ерекшеліктерін қарастырыңыз. Викерс (HV) әдісі – қарама-қарсы беттер арасындағы шыңы 136° болатын Алмаз пирамидасын сыналатын металға енгізу. Шегініс күші үлгінің қалыңдығы мен қаттылығына байланысты таңдалады және 1-ден 100 кгс-қа дейін. Қаттылық мәні инденторға қолданылатын жүктемені басып шығару диагоналі бойынша анықталатын пирамидалық басып шығару аймағына бөлу арқылы алынады. Әдіс өте әмбебап, өйткені ол кез-келген металл мен қорытпаның қаттылығын өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіспен жұқа пластиналар мен қабаттардың қаттылығын өлшеуге болады (6,05 мм-ге дейін). Әдіс бетті өте мұқият дайындауды қажет етеді – жұқа тегістеу немесе жылтырату. Викерс әдісін ірі түйіршікті және гетерогенді құрылымдардың қаттылығын өлшеу кезінде қолдану қажет емес, өйткені басып шығару мөлшері аз (астық өлшемдеріне сәйкес) деректердің үлкен таралуын алуға болады [6].

Микроқаттылық (H_m) мәні бойынша Викерстің бірдей әдісі болып табылады. Айырмашылық пирамидаға қолданылатын жүктеме мөлшерінде – 5-тен 200 кгс-қа дейін. Бұл әдіс өте жұқа және құрылымы біркелкі қабаттардың қаттылығын, сондай-ақ жеке металл түйіршіктерін (қорытпа) өлшеуге арналған. Қаттылықты өлшеу микроскоппен 200-ден 400 есеге дейін ұлғайтылады. Әдіс зертханалық жағдайда және әдетте зерттеу мақсатында қолданылады. Қаттылықты осы әдіспен өлшеу үшін үлгінің бетін жылтырату керек.

Полди әдісі (HP) - сыналатын бет пен анықтамалық үлгі арасында диаметрі 5...10 мм болат шыңдалған шар орналастырылған.

Содан кейін эталон балғамен соғылады (допқа қарама-қарсы жағында), нәтижесінде сынақ үлгісі мен қаттылық эталонын басып шығарады.

Басып шығару диаметрлерін өлшеу және ВЭ эталонының қаттылығын білу (Бринелл бірлігінде), H в 0 (сонымен қатар бринелл бірлігінде) өрнек бойынша үлгінің қаттылығын есептеңіз (1):

$$HB_0 = HB_{\text{э}} * \left(\frac{d_{\text{э}}^2}{d_0^2} \right) \quad (1)$$

мұндағы $d_{\text{э}}$ және d_0 – эталондағы және үлгідегі іздердің диаметрлері.

Алынған мән стандартты жағдайларда Бринелл әдісімен анықталған қаттылыққа тең болады. Бұл әдіс әдетте қаттылықты шамамен бағалау үшін және стандартты әдістерді қолдану мүмкін болмаған кезде қолданылады, мысалы, металл базаларында, ірі бөлшектерде және т.б. [8].

Шор әдісі (HSD) – сыналатын бетке 19 мм биіктіктен салмағы 36 г оқпан еркін түседі, оқпанның гауһар дөңгелектелген ұшы болады. Материалдың серпімді кері қайтарылуының әсерінен оқтар h биіктігіне секіреді. Шор шкаласында қаттылықтың 100 бірлігі үшін мартенситке шыңдалған эвтектоидты Болаттың максималды қаттылығы қабылданады, бұл бойқтың 13,6 мм секіру биіктігіне сәйкес келеді. Осы әдіспен массасы кемінде 5 кг болатын бөлшектердің қаттылығын тікелей бөлшектерге өлшеуге болады. Салмағы 100 г дейінгі өнімдердің қаттылығын да өлшеуге болады, бірақ сонымен бірге өнімнің қалыңдығы кемінде 10 мм болуы керек және құрылғының үстелінде орналасуы тиіс. Бұл әдісті жоғары температураға дейін қыздырылған металдың қаттылығын бақылау үшін қолдануға болады.

Қаттылық анықталатын бұйымның (үлгінің) беті бірқатар талаптарға сай болуы тиіс. Ол бақылау орнында металл жылтырына дейін тазаланып, тегіс болуы, масштабтың, тоттың, бояудың, өрескел қауіптің, шұңқырлардың, сызаттардың іздері болмауы керек. Егер бөлліктің қисық беті болса, онда оның өлшемі өлшеу әдісіне байланысты болатын тегіс платформаны дайындау қажет. Үлгінің құрылғының слайдына түсетін беті де таза және тегіс болуы керек. Екі бет бір-біріне параллель болуы керек. Бақыланатын үлгінің қалыңдығы басып шығару тереңдігінің кемінде 10 есе болуы керек [6].

Металл материалдарының қаттылығын өлшеудің ең көп таралған

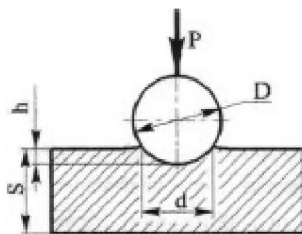
әдістері –бринелл және Рокуэлл әдістері, олар басу (енгізу) әдісіне жа-тады. Осы әдістерді бірлесіп қолдану кез-келген металдар мен қорыт-палардың қаттылығын олардың негізінде өлшеуге мүмкіндік береді.

Бринелл әдісімен қаттылықты өлшеу. Қаттылықты осы әдіс-пен өлшеу кезінде белгілі бір уақыт ішінде өнімнің бетіне р күшімен диаметрі 10,5 немесе 2,5 мм болат шыңдалған немесе карбидті шар басылады. Үлгінің бетінде диаметрі d басып шығарылады (1-сурет). Қаттылық мәнін алу үшін басып шығару диаметрін өлшеп, ауданын есептеу керек. F төмен шар сегментінің өрнегі (2):

$$F_{\text{отп}} = \frac{\pi * D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}; \quad (2)$$

НВ қаттылығы (кгс/мм²) допқа қолданылатын жүктемені басып шығару аймағына бөлу арқылы анықталады, яғни:

$$HB = \frac{P}{F_{\text{отп}}} \text{ әлде } HB = \frac{2P}{\pi * D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}; \quad (3)$$



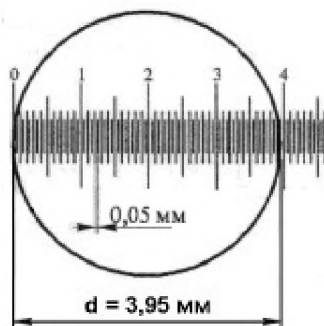
Сурет 1- Бринелл қаттылығын өлшеу сұлбасы [6]

Басып шығару диаметрі 0,05 мм дәлдікпен арнайы өлшеу үлкейт-кішімен өлшенеді. Дәлірек нәтиже алу үшін басып шығару диаметрін екі перпендикуляр бағытта өлшеу керек.

2 - суретте ұлғайтқыш шкаласының басып шығару жиектеріне қа-тысты орналасуы көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, басып шы-ғару диаметрі 3,95 мм.

Металды тойтару және үлгінің шеттерін дөңес ету әсерін жою үшін көршілес екі басып шығарудың орталықтары арасындағы қашықтық кемінде 4в, ал үлгінің шетіне дейінгі қашықтық кемінде 2,5 в болуы тиіс.

Жүктеме уақыты үлгінің материалына байланысты және 10 с – Қара металдар үшін, 30 немесе 60 с – түсті қорытпалар үшін олардың қаттылығына байланысты (қорытпа маркасынан).



Сурет 2 - Басып шығару диаметрін өлшеу сұлбасы [6]

Жұқа үлгілерді өлшеу кезінде келесі шартты сақтау қажет: S үлгісінің қалыңдығы h басып шығару тереңдігінің кемінде 10 есе болуы керек.

Әйтпесе, үлгіні басуға болады және сынақ нәтижесі дұрыс болмайды. Басып шығару тереңдігін өрнектер арқылы анықтауға болады (4):

$$h_1 = \frac{P}{\pi D + H\pi} \text{ әлде } \frac{h_1}{h_2} = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} \quad (4)$$

Қаттылықты сынау режимі, яғни доптың диаметрін және берілген жүктеменің шамасын таңдау 1-кестеге сәйкес жүргізіледі.

Қаттылықты стандартты әдістеме бойынша анықтаған кезде (яғни 3-кестеге сәйкес) [6] қаттылық мәні бір санмен жазылады, мысалы: HB 163. Егер өлшеу басқа режимдер бойынша жүргізілсе, онда қаттылық мәні өлшеу кезінде қабылданған режимдерді ескере отырып жазылады. Мысалы, HB 5/250/30-186 жазбасы алынған 186 кгс/мм² қаттылық мәні 30 С экспозициясы бар 250 кгс жүктемесімен 5 мм шарды сынау кезінде алынғанын білдіреді [6].

Айта кету керек, бринелл әдісімен қаттылығы Бринелл бойынша 450 бірліктен аспайтын материалдарды сынауға болады. Үлкен қаттылықта допты қабылдағыш деформацияланады және өлшеу дәл болмайды.

Бринеллдің қаттылығын өлшеу арнайы аспапта – Бринеллдің прессінде жүргізіледі, ол шарға қажетті жүктемелерді 187,5 диапазонында орнатуға мүмкіндік береді ... 3000 кгс және жүктемені қолдану уақыты-10, 30 немесе 60с.

HB қаттылығының сандық мәні мен созылу беріктігінің шегі ара-

сында σ_b жеткілікті жақсы байланыс бар, ол кейбір материалдар үшін 1-кестеде келтірілген келесі түрге ие:

Кесте 1 - HB қаттылығының сандық мәні мен созылу беріктігінің шегі σ_b байланысы

Материал	Созылу беріктігінің шегі σ_b кгс/мм ²
Болат	0,34 HB
Мыс, жез, қола	0,40 HB
Алюминий	0,26 HB
Дуралюмин	0,35 HB
Мырыш қорытпалары	0,09 HB
Сұр шойын	(HB-40)/6

Кесте 2 - Үлгінің қалыңдығы мен материалына байланысты шариктің диаметрі мен жүктемесін таңдау

Материал	HB, кгс/мм ²	Сынақ үлгісінің қалыңдығы S, мм	Шариктің диаметрі D, мм	Шариктің диаметрінің жүктемеге қатынасы	Жүктеме P, Кгс	Жүктеме кезіндегі уақыт, с
Қара металдар	140-150	>6	10	30D ²	3000	10
		3-6	5	30D ²	750	
		<3	2,5	30D ²	187,5	
	<140	>6	10	10D ²	1000	10
		3-6	5	10D ²	250	
		<3	2,5	10D ²	62,5	
Мыс негізіндегі түсті металдар; дуралюминдер	>130	>6	10	30D ²	3000	30
		3-6	5	30D ²	750	
		<3	2,5	30D ²	187,5	
	35 – 130	>6	10	10D ²	1000	30
		3-6	5	10D ²	250	
		<3	2,5	10D ²	62,5	
Магний қорытпалары, алюминий, қалайы, қорғасын, баббит	8 – 35	>6	10	2,5D ²	250	60
		3-6	5	2,5D ²	65,5	
		<3	2,5	2,5D ²	16,5	

Роквелл әдісі – материалдардың қаттылығын бұзбай тексеру әдісі. Әрбір жүктеме қаттылығы шкаласы үшін бірдей қолданылған кезде зерттелетін материалға индентор деп аталатын қатты ұштың ену тереңдігін өлшеуге негізделген. Масштабқа байланысты әдетте 60, 100 және 150 кгс болады.

Әдісте инденторлар ретінде дөңгелектелген өткір ұшы бар 120° шыңында бұрышы бар берік шарлар мен алмазды конустар қолданылады. Басқа әдістермен салыстырғанда қарапайымдылығына, жылдамдығына және нәтижелердің қайталануына байланысты ол материалдарды қаттылыққа сынаудың ең көп таралған әдістерінің бірі болып табылады.

Стандарттар Роквелл әдісімен қаттылықты анықтаудың 11 шкаласын нормалайды (A; B; C; D; E; F; G; H; K; N; T), бұл шкалалар өлшеу нәтижелері бойынша қаттылықты есептеу формуласындағы индентордың түрімен, сынақ жүктемесімен және тұрақтыларымен ерекшеленеді [7].

Ең көп қолданылатын екі-үш индентор-вольфрам карбиді шары немесе диаметрі 1/16 дюймдік (1,5875 мм) аспаптық шыңдалған болат немесе диаметрі 1/8 дюймдік шар және 120° дөңгелектелген шыңында бұрышы бар конустық Гауһар ұшы. Стандарттар 3 – шкалаға байланысты инденторды басу кезінде бекітілген жүктемелерді қарастырады-60, 100 және 150 кгс.

Роквелл әдісімен анықталған қаттылықты белгілеу үшін HR аббревиатурасы қолданылады, 3-ші әріп сынақтар жүргізілген шкаланы көрсетеді (HRA, HRB, HRC және т.б. HRT-ге дейін). Мысалы, HRC 64.

Роквеллдің қаттылығын өлшеу кезінде индентор шыңында 120° бұрышы бар және 0,2 мм дөңгелектеу радиусы бар алмазды конус немесе диаметрі 1,588 мм (1/16) Болат шыңдалған шар болып табылады. Индентор қатарынан қолданылатын екі жүктеменің әсерінен сыналатын материалға басылады: алдын ала P0, 10 кгс және негізгі P1-ге тең, осылайша жүктеме кезінде инденторға жалпы жүктеме $P = P_0 + P_1$ (3-сурет). Алдын ала жүктеме әрқашан 10 кгс (инденторға қарамастан), ал негізгі жүктеме индентатор мен сыналатын материалға байланысты өзгереді. Егер индентор алмазды конус болса, онда P1 негізгі жүктемесі 50 немесе 140 кгс болуы мүмкін (жалпы жүктеме 60 және 150 кгс); егер индентатор доп болса, онда негізгі жүктеме әрқашан 90 кгс (жалпы 100 кгс) болады [6].

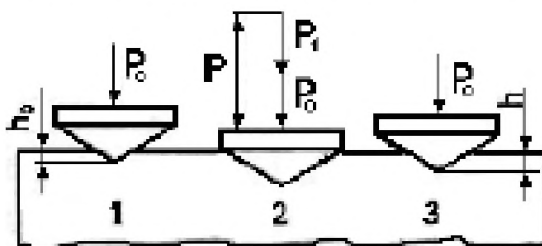
Алмазды конус индентаторы ретінде пайдаланылған кезде материалдың қаттылығы екі шкала бойынша бағаланады - A және C. қу-

рылғының индикаторында бұл шкалалардың екеуі де 100 бөлімі бар (қара шкала) бір шкалаға біріктірілген. 60 кгс инденторлық жүктеме кезінде бұл шкала а шкаласы деп аталады және бұл жағдайда қаттылық HRA ретінде белгіленеді, егер жүктеме 150 кгс болса, онда шкала с шкаласы деп аталады және бұл жағдайда қаттылық HRC ретінде белгіленеді. Егер доп индентор ретінде қызмет етсе (оған жүктеме 100 кгс), онда қаттылықты есептеу 130 бөлінісі бар В (қызыл шкала) шкаласы бойынша жүргізіледі және бұл жағдайда қаттылық HRB ретінде белгіленеді.

Роквелл әдісіндегі қаттылықтың өлшемі индентордың сыналатын материалға ену тереңдігі болып табылады: қаттылықтың бір бірлігі индентордың 0,002 мм-ге енуіне сәйкес келеді. 3-суреттен сынақтың басында индентордың алдын-ала жүктеме әсерінен $p_0 = 10$ кгс бетіне h_0 тереңдігіне басылғанын көруге болады (1-позиция). Содан кейін негізгі жүктеме қолданылады P1 және осы жиынтық жүктеменің әсерінен $P = P_0 + P_1$ индентор материалдың пластикалық және серпімді деформациясын тудыратын максималды тереңдікке сыналатын бетке енгізіледі (2-позиция). Жүктеме аяқталғаннан кейін (шамамен 5с), алдын-ала қалдырып, негізгі жүктемені алып тастаңыз [6].

Серпімді күштердің әсерінен индентор ішінара жоғары көтеріліп, металдың қаттылығын сипаттайтын h ену тереңдігіне (3-позиция) сәйкес позицияны алады.

Қаттылық көрсеткіштері алынатын аспап шкалалары h_0 тереңдігіне сәйкес программаланған. Қаттылықтың сандық мәні (өлшемсіз шама) тиісті шкала бойынша индикатор көрсеткісімен көрсетіледі.



Сурет 3 – Роквеллдің қаттылығын өлшеу сұлбасы

Бұл жағдай Роквелл әдісімен қаттылықты анықтаудың ыңғайлылығын, қарапайымдылығын және жылдамдығын түсіндіреді. Бұл әдістің артықшылығы – қаттылықты өте қатты және салыстырмалы түр-

де жұмсақ материалдардың кең ауқымында өлшеу мүмкіндігі. Бірақ, Роквелл әдісімен, мысалы, механикалық қасиеттерімен күрт ерекшеленетін құрылымдық компоненттері бар сұр шойындар мен түсті қорытпалардың қаттылығын өлшеу ұсынылмайды. Бұл диаметрі 1,588 мм конусты немесе шарды басу арқылы алынған басып шығару жеткілікті кішкентай және әрқашан барлық компоненттерді біркелкі жаба алмайтындығына байланысты, бұл деректердің қаттылық бойынша үлкен таралуына әкеледі [6].

Шарикті өлшеу 25 диапазонында HRB қаттылығы бар күйдірілген және қалыпқа келтірілген болаттар, мыс және оның қорытпалары, дуралюминдер және басқа қорытпалар үшін қолданылады...100 бірлік (HB65...240). Үлгінің минималды қалыңдығы 0,7 мм. Конустың қаттылығын С шкаласы бойынша өлшеу қатайтылған болаттар мен босатылғаннан кейінгі болаттар үшін қолданылады. Бұл жағдайда өлшеу шектері шамамен HRC 20 құрайды...67 (HB220...710). Үлгінің минималды қалыңдығы 0,7 мм.

3-кестеде Роквелл әдісімен қаттылығын сынау режимдері келтірілген.

А шкаласы бойынша қаттылықты конуспен өлшеу С шкаласы бойынша өлшеуді қолдану мүмкін болмаған жағдайларда қолданылады.:

- өте қатты материалдардың қаттылығы өлшенген кезде (қатты және минералды керамикалық қорытпалар және басқа аспаптық материалдар). Бұл жағдайда с шкаласын қолдану, яғни 150 кгс конусқа жүктеме алмаздың сынуына әкелуі мүмкін.

- цементтеу қабаты сияқты жұқа және қатты пластиналар мен қабаттардың қаттылығын өлшеу қажет болғанда (қалыңдығы 0,4...0,7 мм). 150 кгс жүктемені қолдану өлшенетін қабаттың қысылуына әкеледі [6].

HRA бойынша қаттылықты өлшеу шектері әдетте 70 ед 85 бірлікті құрайды (HB 360 7 710).

Кесте 3 - Роквелл әдісімен қаттылықты өлшеу режимдері

Материал	Қаттылық, НВ	Енгізуші	Жүктеме, кгс	Шкала	Қаттылықтың мәні	Қаттылықты өлшеу шектері.	Минималды қалыңдық, мм
Жұмсақ металдар	<230	Болат шар	100	B	HRB	25...100	0,7
Қатаю және босатылған Болат	230-700	Алмазды конус	150	C	HRC	20...67	0,7
Қатты қорытпалар және жұқа басылымдар.	>700	Алмазды конус	60	A	HRA	70...85	0,4

Қорытынды. Қаттылықты өлшеу арнайы құрылғыда – Роквелл қатты өлшегішінде жүзеге асырылады, ол сізге қажетті индентаторды орнатуға және оған тиісті жүктемені қосуға мүмкіндік береді. Қаттылықты сынау режимдерін таңдағанда, шамамен қорытпаның қаттылығын (қатты, жұмсақ) және үлгінің қалыңдығын білу қажет.

Қаттылықтың сандық мәні коэффициенттер шкалаға тәуелді болатын формула бойынша анықталады. Сынақ бетінің күйінен өлшеу қателігін азайту үшін негізгі және алдын ала (10 кгс) жүктемені қолдану кезінде индентордың ену тереңдігінде салыстырмалы айырмашылық қабылданады.

Әдебиеттер

1. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. – М.: Металлургия, 1978. – 239 с.
2. Белый А.В., Карпенко Г.Д., Мышкин К.Н. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев. – М.: Машиностроение, 1991. – 208 с.
3. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с.
4. Фомичев О.И., Катков В.Ф., Кушнерева А.К. Исследование тройной диаграммы FeFe₂BVFe₃C // Журнал физической химии. – 1978. – Т. 52. – № 9. – С. 2240–2243.

5. Сердитов А.Т., Ключников Ю.В., Желдубовский А.В. Влияние вида обработки на толщину упрочненного поверхностного слоя и сопротивление усталости материала.-: Машина оборудование №59. С. 165-168.

6. Химикоотермическая обработка металлов и сплавов / Справочник под редакцией Л.С. Ляховича. – М.: Metallurgiya, 1981. – 424 с.

7. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов.- М.: Metallurgiya, 1975.- 456 с.

8. Сулима А.М., Евстигнеев М.И. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных и титановых сплавов.- М.: Машиностроение, 1974.- 256 с.

References

1. Voroshnin L.G., Lyahovich L.S. Borirovanie stali. – М.: Metallurgiya, 1978. – 239 s.

2. Belyj A.V., Karpenko G.D., Myshkin K.N. Struktura i metody formirovaniya iznosostojkih poverhnostnyh sloev. – М.: Mashinostroenie, 1991. – 208 s.

3. Gur'ev A.M., Kozlov E.V., Ignatenko L.N., Popova N.A. Fizicheskie osnovy termociklicheskogo borirovaniya. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2000. – 216 s.

4. Fomichev O.I., Katkov V.F., Kushnereva A.K. Issledovanie trojnoy diagrammy FeFe2BBFe3C // Zhurnal fizicheskoy himii. – 1978. – Т. 52. – № 9. – С. 2240–2243.

5. Serditov A.T., Klyuchnikov Yu.V., Zheldubovskij A.V. Vliyanie vida obrabotki na tolshchinu uprochnennogo poverhnostnogo sloya i soprotivlenie ustalosti materiala.-: Mashina oborudovanie №59. S. 165-168.

6. Himikootermicheskaya obrabotka metallov i splavov / Spravochnik pod redakciej L.S. Lyahovicha. – М.: Metallurgiya, 1981. – 424 s.

7. Ivanova V.S., Terent'ev V.F. Priroda ustalosti metallov.- М.: Metallurgiya, 1975.- 456 s.

8. Sulima A.M., Evstigneev M.I. Kachestvo poverhnostnogo sloya i ustalostnaya prochnost' detalej iz zharoprochnyh i titanovyh splavov.- М.: Mashinostroenie, 1974.- 256 s.

Мырзалиев Д.С.¹, Сейдуллаева О.Б.¹, Абзалова Д.А.¹, Кадырбек Н.К.¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казах-стан

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ И ГЛУБИНЫ ЗАКАЛЕННОГО СЛОЯ

Аннотация: В статье рассмотрены методики определения твердости и глубины затвердевшего слоя. Жесткость определяется как отношение величины нагрузки к площади поверхности, площади проекции или объему печати. Различают следующие виды поверхностной, проекционной и объемной жесткости: твердость поверхности-отношение нагрузки к площади поверхности печати; жесткость проекции-отношение нагрузки к площади проекции печати; объемная жесткость-отношение нагрузки к объему печати. Твердость измеряется в трех диапазонах: макро, микро, нано. Твердость-это степень, в которой минералогия часто сталкивается с этим, когда царапает один минерал

другим. Кроме того, твердость минерала также известна как степень сопротивления влиянию внешней механической силы. Но и сам внешний механический эффект будет несколько отличаться, в зависимости от того, насколько сильно минерал будет сопротивляться. В статье были проведены исследования с приведением примеров нескольких методов определения твердости слоя.

Ключевые слова: твердость, метод Бринелля, микротвердость, относительное удлинение, предел прочности.

• • •

Myrzaliev D.S.¹, Seidullaeva O.B.¹, Abzalova D.A.¹, Kadyrbek N.K.¹

¹South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent c., Kazakhstan
METHOD FOR DETERMINING THE HARDNESS AND DEPTH OF THE HARDENED LAYER

Abstract. The article discusses methods for determining the hardness and depth of the hardened layer. Stiffness is defined as the ratio of the amount of load to the surface area, projection area, or print volume. The following types of surface, projection and volumetric stiffness are distinguished: surface hardness-the ratio of the load to the surface area of the print; projection stiffness-the ratio of the load to the area of the print projection; volumetric stiffness-the ratio of the load to the print volume. Hardness is measured in three ranges: macro, micro, nano. Hardness is the degree to which mineralogy often encounters this when scratching one mineral with another. In addition, the hardness of a mineral is also known as the degree of resistance to the influence of external mechanical force. But the external mechanical effect itself will be slightly different, depending on how strongly the mineral resists. The article conducted research with examples of several methods for determining the hardness of the layer.

Key words: hardness, Brinell method, microhardness, elongation, tensile strength.

Сведения об авторах

Мырзалиев Д.С. – кандидат педагогических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

Сейдуллаева О.Б. - преподаватель, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

Абзалова Д.А. - кандидат педагогических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.

Кадырбек Н.К. - магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан. orvinkul_s@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Мырзалиев Д.С. – педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Сейдуллаева О.Б. – оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Абзалова Д.А. – педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Қадырбек Н.Қ. – магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан, orynkul_s@mail.ru

Information about the authors

Myrzaliyev D.S. - candidate of pedagogical sciences, associate professor, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent c., Kazakhstan.

Seidullaeva O.B. - teacher, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent c., Kazakhstan.

Abzalova D.A. - candidate of pedagogical sciences, associate professor, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent c., Kazakhstan.

Kadyrbek N.K. - master's student, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent c., Kazakhstan. orynkul_s@mail.ru