

Маматкадырова Б.М.

ЖОГОРКУ ВАНАДИЙЛҮҮ ТЕЗ КЕСҮҮЧҮ БОЛОТТОРДУН
КЕСҮҮ КАСИЕТТЕРИНИН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

Маматкадырова Б.М.

ОСОБЕННОСТИ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОВАНАДИЕВЫХ
БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

B. Mamatkadyrova

FEATURES OF CUTTING PROPERTIES OF HIGH
VANADIUM HIGH SPEED STEELS

УДК: 669.14.018

Илимий изилдөөлөрдү жүргүзгөндөн кийин, ванадийдин жогорку болоттору нафталиндин жаралышынын пайда болушуна жана кайра катуулангандан кийин, ортодогу күйүүчү жылуулук менен иштетүү процессисиз касиеттеринин начарлашына жакын эмес экендигин белгилеп кетүүгө болот. Структурасында катуу ванадий карбиддердин көп сандагы болушу эскирүү туруктуулугун бир топ жогорулатат. Тозууга туруктуулук радиоактивдүү изотопторду колдонуу менен тездетилген сыноо методу менен такталган жана кесүү процессинде алынып салынган эскирген аспаптык материалдын миллиграммдагы салыштырма салмагы ΔP тозууга туруктуулук мааниси катары алынган. Куйма абалындагы эвтектикалык абал адатта ванадий жогорку ылдамдыктагы болоттордо желдеткич формасында болот. Салыштыруу үчүн, мындай эвтектика созуу учурунда скелеттикке караганда оңой майдаланат, мындай шарттарда ванадий болотторунда карбид фазасынын бөлүштүрүлүшү жагымдуураак болот; карбиддин бир тектүү эместиги болжол менен бирдей балла ээ (стандарттык шкала боюнча 1), бул ошол эле секциядагы прокаттагы R18 жогорку вольфрамдуу болоттон 1-2 балла аз. Белгилеп кетүүчү нерсе, ванадий жогору болоттор нафталин жаракасынын пайда болушуна ыктабайт жана алардын касиеттери кайра катуулангандан кийин, аралык күйдүрүүсүз начарлайт.

Негизги сөздөр: жогорку ылдамдыктагы болоттор, жогорку ванадийлүү болоттор, ысыкка туруктуулук, катуулук, күч, күйдүрүү, дан, катуулоо, чындоо.

После проведения исследований можно отметить, что, высокованадиевые стали к образованию нафталинистого излома не склонны и ухудшению свойств после проведения повторной закалки без процесса термической обработки промежуточного отжига. Нахождение большого количества твердых карбидов ванадия в структуре значительной мере увеличивает сопротивление изнашиванию. Проведено уточнение износостойкости по методике ускоренных испытаний с применением радиоактивных изотопов, а также за значение износостойкости принимали удельный весовой износ ΔP в миллиграммах изношенного инструментального материала, снятых в процессе резания. Эвтектическое состояние в литом состоянии обычно у ванадиевых быстрорежущих сталей имеет веерообразное строение. По сравнению такая эвтектика легче, чем скелетообразная раздробляется при ковке, при таких обстоятельствах распределение карбидной фазы в ванадиевых сталях более благоприятное; у карбидной неоднородности примерно одинаковый балл (1 по стандартной шкале), что меньше на 1-2 балла, чем у высоковольфрамовой стали R18 в прокате того же сечения. Нужно отметить, что к образованию нафталинистого излома высокованадиевые стали

не склонны и ухудшению свойств после проведения повторной закалки без промежуточного отжига.

Ключевые слова: быстрорежущие, высокованадиевые стали, теплостойкость, твердость, прочность, отжиг, зерно, закалка, отпуск.

After conducting research, it can be noted that high-vanadium steels are not prone to the formation of naphthalene fracture and the deterioration of properties after re-hardening without an intermediate annealing heat treatment process. The presence of a large amount of hard vanadium carbides in the structure significantly increases wear resistance. The wear resistance was refined by the method of accelerated tests using radioactive isotopes, and the specific weight wear ΔP in milligrams of worn tool material removed during the cutting process was taken as the wear resistance value. The eutectic state in the cast state is usually fan-shaped in vanadium high-speed steels. In comparison, such a eutectic is more easily crushed during forging than a skeletal one; under such circumstances, the distribution of the carbide phase in vanadium steels is more favorable; carbide inhomogeneity has approximately the same score (1 on the standard scale), which is 1-2 points less than that of high-tungsten steel R18 in rolled products of the same section. It should be noted that high-vanadium steels are not prone to the formation of a naphthalene fracture and their properties deteriorate after re-hardening without intermediate annealing.

Key words: high-speed, high-vanadium steels, heat resistance, hardness, strength, annealing, grain, hardening, tempering.

Особенности определение состава легированного карбида ванадия в быстрорежущих сталях, а также влияние кобальта на структуру и свойства ванадиевых быстрорежущих сталей подробно описаны в [1, 2], и уровень и влияния равномерности распределения легирующих элементов в быстрорежущих сталях [3, 4].

Научная работа посвящена исследованию особенностей режущих свойств быстрорежущих высокованадиевых сталей (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав сталей

Марки сталей	Концентрация элементов					
	C	V	W	Cr	Mo	Co
P2M4Ф8K6	2,19	8,1	2,47	5,4	4,1	5,7
P2M4Ф8K6	2,18	8,1	2,48	5,5	4,2	-
P2M4Ф8K6	2,08	8,2	2,46	4,9	4,3	5,8
P2M4Ф8K5	2,15	8,3	2,41	4,4	4,2	-
P2M4Ф8	2,09	8,1	2,65	5,7	3,1	-

Исследуемые стали выплавляли в электродуговой печи и разливали в слитки 40 кг, а также слитки диаметром 20 мм проковывали в прутки. Начальная температураковки 1160 °С, концаковки составляла 900 °С.

В литом состоянии обычно у ванадиевых быстрорежущих сталей эвтектика имеет веерообразное строение. По сравнению такая эвтектика легче, чем скелетообразная раздробляется при ковке, при таких обстоятельствах распределение карбидной фазы в ванадиевых сталях более благоприятное; у карбидной неоднородности примерно одинаковый балл (1 по стандартной шкале), что меньше на 1-2 балла, чем у высоковольфрамовой стали P18 в прокате того же сечения.

По общепринятым режимам проведены отжиги. Полученные данные твердости сталей была по методу Бринелля $HB=230-256$; максимальную твердость имела сталь с содержанием 5,1% Со.

В быстрорежущей стали P5Ф8 при нагреве образовавшегося зерно №10 сохраняется до 1285 °С. При замене 2,55% W указанная температура снижается до 1265 °С, и при 4,1% Мо она составляет 1225 °С.

При легировании хромом снижается температура устойчивости зерна №10. Изменение концентрации хрома с 4 до 6% в стали 2,55% W и 3,1% Мо температура снижается до 1225-1235 °С.

Уровень устойчивости фазы остаточного аустенита при отпуске с высоким содержанием ванадия зависит от содержания молибдена. Например, для стали с 4,1% Мо зерно №10 получается после закалки от 1225 °С.

Постепенное увеличение концентрации хрома с 4 до 6% увеличивает количество остаточного аустенита после режима закалки от оптимальных температур 1225-1235 °С, и повышает его устойчивость против отпуска.

В быстрорежущих сталях P2M4Ф8 (5,9% Cr) после трехкратного отпуска при температуре 565-575 °С сохраняется 5-6% аустенита, но сталь P2M4Ф8 после третьего отпуска не сохраняет аустенит.

Изменение показателей твердости закаленных быстрорежущих сталей с ~8% V следует общей закономерности для всех вышеуказанных быстрорежущих сталей. После третьего отпуска достигается максимальная вторичная твердость HRC 67-68 при температуре 565-575 °С.

Быстрорежущая сталь P2M4Ф8 после четырехкратного отпуска с 5,1% Cr при 545-555 °С имеет вы-

сокую твердость HRC 68 (закалка на структуру зерна №10).

Данные горячей твердости при 510 °С у высокованадиевых сталей выше, чем в быстрорежущей стали P18: она составляет по методу Роквелла HRC 55; 57 и 58 соответственно P18, P2M4Ф8 и P2M4Ф8K5.

Теплостойкость в высокованадиевых сталей с 8% V высокая: у стали P2M4Ф8 данные твердости HRC 58,5-59,5 сохраняется до 625-635 °С, что выше, чем в быстрорежущей стали P18.

Прочностные показатели высокованадиевых сталей, как и быстрорежущих сталей, снижается с повышением температуры закалки от 295-305 кгс/мм² при закалке на зерно №11 до 265-245 кгс/мм² при закалке на зерно №10, и также изменяется вязкость сталей.

Высокованадиевые стали не склонные к процессу обезуглероживанию. В нераскисленной ванне при нагреве 1225 °С и выдержке около 10 мин глубина обезуглероженного слоя у стали P2M4Ф8 равнялась 0,03 мм. Оно связано с большой чувствительностью указанных сталей к окислению при высоком нагреве.

Необходимо отметить, что высокованадиевые стали к образованию нафталинистого излома не склонны и ухудшению свойств после проведения повторной закалки без промежуточного отжига.

Присутствие в структуре большого количества твердых карбидов ванадия значительной мере увеличивает сопротивление изнашиванию. Проведено определение износостойкости по методике ускоренных испытаний с применением радиоактивных изотопов. За значение износостойкости принимали удельный весовой износ ΔP в миллиграммах изношенного инструментального материала, снятых в процессе резания.

Червячная фреза сборной конструкции со вставленными острозаточенными ножами модуля 2,5 мм, служила режущим инструментом изготовленных из вышеуказанных исследованных сталей. Показатели твердости ножей была HRC 64-66, обрабатываемый материал из конструкционной стали 18ХГТ HB 167-186. Осуществлено зубофрезерование однозубой фрезой с охлаждением зоны резания веретенным маслом. Условия идентичности обеспечено фрезерованием одной и той же заготовки ножами из различных сталей.

Получены зависимости в результате экспериментальных исследований: удельный весовой износ - скорость резания и удельный весовой износ - подача. Экспериментальный опыт повторяли 5 раз.

На основании исследований было установлено зависимости удельного весового износа от скорости резания, и оно выполнено при подаче 0,25 мм/об при скоростях 20-80 м/мин (табл. 2) и при скорости резания 41 м/мин при подачах 0,15-0,75 мм/об (табл. 3); глубина резания была постоянная 5,6 мм.

Таблица 2

Марки стали	Удельный весовой износ ΔP_{cp} в мг/г·10 ⁶ в зависимости от скорости резания в м/мин					
	20	32	40	50	60	80
P2M4Ф8*	43	54	109	147	222	305
P2M4Ф8**	53	54	116	154	224	395
P2M4Ф8K6	80	66	92	117	179	311
P2M4Ф8X6	70	65	108	140	226	410
P2M4Ф8X5	88	61	105	154	234	355
P2M4Ф8	78	70	98	142	244	393
P18			107	124	312	590

* закалка на зерно №11

**закалка на зерно №10

Таблица 3

Марки стали	Удельный весовой износ ΔP_{cp} в мг/г·10 ⁶ в зависимости от подачи S в мм/об					
	0,15	0,25	0,33	0,55	0,60	0,75
P2M4Ф8*	87	109	152	183	228	269
P2M4Ф8**	76	102	130	186	265	285
P2M4Ф8K6	70	84	126	143	168	180
P2M4Ф8	88	113	147	190	230	236
P18 (плавка А)	94	161	297	359	494	516
P18 (плавка Б)	114	202	345	475	551	588

* закалка на зерно №11

**закалка на зерно №10

На основании экспериментов показано, что весовой износ режущего инструмента – резца из стали P2M4Ф8, термически обработанный на зерно №11 и зерно №10, одинаков, поэтому для повышения показателей механических свойства стали целесообразно

провести закалку на зерно №11, и при этом у сталей режущие свойства сохраняются.

По износостойкости высокованадиевые стали превосходят сталь P18; особенно это преимущество проявляется значительно при скоростях резания выше 60 об/мин.

С увеличением подачи от 0,15 до 0,75 мм/об при скорости 40м/мин уровень интенсивности износа возрастает в 3,1 раза. У высокованадиевых сталей износостойкость при подачах от 0,26-0,75 мм/об в 2,5-3,5 выше, чем быстрорежущей стали P18 (табл. 3).

Выводы:

- быстрорежущие экономнолегированные стали с высоким содержанием ванадия (~8%) и сравнительно низким содержанием вольфрама (2,6%) превосходят быстрорежущую сталь P18 по режущим свойствам и по теплостойкости на 10-16 °С;

- быстрорежущие стали с низким содержанием вольфрама (2,0–2,6%) и с высоким содержанием ванадия (~8%) закалывать более целесообразно на мелкое зерно (№11);

- целесообразно применить высокованадиевые стали для режущих инструментов с минимальным объемом шлифования или с нешлифованным профилем;

- износостойкость ножей изготовленных из высокованадиевых сталей P2M4Ф8 и P2M4Ф8K6 при зубофрезеровании стали со скоростью выше 60 об/мин и подачах 0,26–0,75 мм/об в 1,5–3,1 раза выше, по сравнению с быстрорежущей стали P18.

Литература:

1. Баранова Л.И. и др. Определение состава легированного карбида ванадия в быстрорежущих сталях. / Защита металлов, 1994. - Т. X. - №4. - С. 81.
2. Гуляев А.П., Купалова И.К. Влияние кобальта на структуру и свойства ванадиевых быстрорежущих сталей. - М., 1990, №8, с. 34.
3. Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Кенис М.С. Термоциклическая обработка быстрорежущей стали P18. Заготовительные производства в машиностроении. - М., 2010. - №4. - С. 45-47.
4. Жолдошов Б.М., Маматкадырова Б.М. Оптимальные режимы деформирования быстрорежущей стали P6M5. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - Бишкек, №4, 2019. - С. 35-38.