

М126753

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Н. А. ШМАКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ
РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ
ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ, РАФИНИРОВАННЫХ
ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ

(05.171 — Теория обработки резанием)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре «Теория механической обработки и инструментов» Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель — д. т. н., профессор Г. И. Грановский.

Научный консультант — лауреат Ленинской премии, доцент В. Г. Радченко.

Официальные оппоненты:

заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д. т. н., профессор А. Я. Малкин,
д. т. н., профессор Ю. А. Геллер.

Ведущее предприятие
инструмента

Автореферат

Защита состоится
на заседании Уч
механизации пр

Отзывы на
печатью, просим
манская, 5, МВ

С диссертаци

Се

К

В

M126453



126753

аков Н.А. Исследование

В В Е Д Е Н И Е

В настоящее время одним из важнейших вопросов резания является обработка материалов, обладающих повышенной прочностью, вязкостью, пониженной обрабатываемостью. Они требуют применения особых режущих материалов, имеющих более высокую красностойкость, чем гостированные быстрорежущие стали и более высокую прочность, чем существующие марки твердых сплавов.

В значительной степени этим требованиям удовлетворяют безуглеродистые железокобальтовольфрамовые быстрорежущие стали, которые упрочняются за счет дисперсного выделения в процессе отпуска интерметаллидов более стойких, чем карбиды, против коагуляции. Их твердость достигает 70 HRC, красностойкость до 750°C, они удовлетворительно куются, хорошо шлифуются. Прочность на изгиб деформированных сталей не превышает 160–180 кг/мм².

М/26753
Работами А.Д.Клементьева, Ю.А.Геллера, В.А.Брострема, М.Н.Фадюшиной, Ф.И.Ждановой и др. установлено увеличение прочности до 220–250 кг/мм² при выплавке сталей тех же марок в вакуумной индукционной печи. Однако этот прогрессивный метод плавки (вакуумная печь) мало распространен из-за сложности и высокой стоимости оборудования, низкой стойкости тиглей, их взаимодействия с расплавом и другим причинам.

Более простым методом повышения качества сталей является их электрошлаковый переплав, обеспечивающий получение слитков с гладкой чистой поверхностью, практически без усадочной раковины, вдвое–втрое чище обычного по всем видам включений, со степенью анизотропности в 1,5–2 раза ниже обычной.

Возможность применения электрошлакового переплава для рафинирования сталей дисперсионного твердения в литературе не отражена, нет сравнительных данных о режущих свойствах этих сталей в литом и кованом состоянии. Имеющиеся сведения, в основном, относятся к обработке хромомарганцовистых сталей и сплавов на основе никеля, молибдена, титана в сравнительно узком диапазоне скоростей резания без выявления экстремальных точек зависимости стойкость–скорость.

Эти данные не могут быть признаны достаточными для научного обоснования эффективного применения сталей дисперсионного твердения. С целью их дополнения в настоящем исследовании были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать возможность и целесообразность применения электрошлакового переплава для рафинирования сталей дисперсионного твердения Р18М7К25, Р18М3К25, Р10М5К25.

2. Исследовать режущие свойства литых и кованных сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым процессом, в сравнении со сталью Р18 при точении материалов различных классов и структурных состояний в широком диапазоне скоростей резания.

3. Исследовать температурное состояние и механизм износа резцов из сталей дисперсионного твердения при точении различных обрабатываемых материалов.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

МВТУ
И. С. МУХОМ.
БИБЛИОТЕКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Основываясь на литературных данных и опыте кафедры "Оборудование и технология сварочного производства" АПИ им.И.И.Ползунова, для электрошлакового переплава быстрорежущих сталей дисперсионного твердения были приняты следующие режимы:

рабочее напряжение	- 43 вольт
плотность тока	- 1,15-1,40 а/мм ²
рабочий флюс	- АНФ-6
диаметр расходуемого электрода	- 50 мм
диаметр кристаллизатора	- 80 мм
расход аргона для защиты	- 0,65-0,70 ати/мин

Электрошлаковый переплав сталей дисперсионного твердения позволяет получить слитки с гладкой и ровной поверхностью, практически без усадочной раковины, осевой рыхлости, кристаллизационных трещин. Интерметаллидные соединения расположены более равномерно, образуя мелкую и разорванную сетку. Прочность сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым процессом, выше прочности сталей того же химсостава, выплавленных в открытой индукционной печи как в литом, так и в кованом состоянии и достигает уровня прочности сталей, выплавленных в вакуумной (10⁻² мм рт.ст.) индукционной печи (таблица № 1).

Таблица № 1

Кованая сталь	Открытая печь *		Вакуум* 10 ⁻² мм.рт.ст.		Электрошлако- вый переплав	
	проч- ность $\sigma_{0.2}$ кг/мм ²	твер- дость HRC	проч- ность $\sigma_{0.2}$ кг/мм ²	твер- дость HRC	проч- ность $\sigma_{0.2}$ кг/мм ²	твер- дость HRC
P18M7K25	145-160	69-70	180-200	69-70	175-200	68,5-69,0
P18M3K25	178-195	68,5	220-250	68,5	200-230	67,5-68,0

* Данные В.А.Брострема.

При точении стали 40X (229 НВ) со скоростью 45 м/мин ($S_x t = 0,44$ мм/об $\times 1$ мм) резцы с пластинами из литой и кововой стали Р18М7К25, рафинированной электрошлаковым процессом, по стойкости находятся на уровне резцов из стали Р18. С увеличением скорости до 55 м/мин пластины из стали Р18 практически мгновенно теряют свои режущие свойства, а из стали Р18М7К25, рафинированной электрошлаковым процессом, сохраняют их примерно на том же уровне, что и при $V = 45$ м/мин. Стойкость пластин из той же стали открытой индукционной плавки вначале быстро, затем медленно снижается, а при $V = 55$ м/мин оказывается примерно в 2 раза ниже стойкости пластин из стали, подвергнутой электрошлаковому переплаву. Подобный характер зависимостей наблюдается при исследовании режущих свойств литой и кововой стали Р18М3К25, рафинированной электрошлаковым процессом, и исходной открытой индукционной плавки.

Повышенная стойкость сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым процессом, в зоне больших скоростей резания, очевидно, свидетельствует о их более высокой красностойкости по сравнению с исходными для переплава сталями.

Г л а в а П

МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Оценка режущих свойств литых и кованных сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым переплавом, базируется на зависимости изменения изношенной массы главной задней поверхности цельного резца из исследуемых сталей от длины пути резания при точении без смазки материалов различных классов и структурных состояний в широком диапазоне скоростей.

Для исследований приняты стали Р18М7К25, Р18М3К25, рекомендованные В.А.Бростремом, Ю.А.Геллером, А.И.Исае-

вым для широкого промышленного опробования как наиболее результативные из имеющихся. Отличающаяся от них содержанием вольфрама и молибдена сталь Р10М5К25 принята нами как не исследованная.

Состав исследуемых сталей, рафинированных электрошлаковым процессом, приведен в таблице № 2, их механические свойства после закалки от 1300°C (сталь Р10М5К25 от 1275°C) и 2-х часового отпуска при 600°C приведены в таблице № 3.

Таблица № 2

Марка стали	Содержание в %								
	C	W	Mo	Co	V	Ti	Mn	Si	Fe
P18M7K25	до 0,06	18,60	6,74	26,0	0,52	0,29	0,23	0,28	ост.
P18M3K25	до 0,06	18,89	3,32	25,2	0,52	0,14	0,22	0,12	ост.
P10M5K25	до 0,06	10,83	5,11	25,6	0,45	0,16	0,22	0,26	ост.

Таблица № 3

Марка стали	Прочность $\sigma_{0.2}$ кг/мм ²		Твердость HRC		Баллы зерна
	кованая	литая	кованая	литая	
P18M7K25	175-200	115-140	68,5-69,0	68,5-69,0	12-13
P18M3K25	200-230	130-155	67,5-68,0	68,0-68,5	10-12
P10M5K25	170-200	130-150	65,5-66,0	66,5-67,0	7

В качестве обрабатываемых приняты материалы с повышенными механическими свойствами, широко применяемые в автоматизированном и крупносерийном производстве: сталь 45 феррито-перлитная структура, поковка, сталь 18ХНВА перлитная структура, поковка, сталь Х18Н10Т аустенитная структура, прокат, титановый сплав BT3-1 двухфазная структура, поковка (таблица № 4).

Таблица № 4

Марка стали	Предел прочности σ_s кг/мм ²	Предел теку- щей прочности $\sigma_{0,2}$ кг/мм ²	Относит. удлинен. δ %	Относит. сужение ψ %	Ударная вязкость α_K кгм/см ²	Твер- дость НВ
Сталь 45	72-75	34-37,2	18-20,8	30-35	2,0-3,3	197-201
18ХНВА	122,2	112,0	16-20	60-62	9,3-15,5	238-242
К18Н10Т	53-53,5	20-21	66-68	74-76	28-29,5	98-101
ВТЗ-1	102-103	94-97	11-11,5	20-22	3,5-5,0	321-323

Исследования закономерностей износа резцов проводились на станке 1Д62 с бесступенчатым регулированием чисел оборотов шпинделя при постоянной подаче $S = 0,25$ мм/об. и глубине $t = 1$ мм. Для обеспечения постоянства сечения головной части резца независимо от количества переточек, тем самым сохранения условий теплоотвода от контактной зоны в процессе резания принята следующая геометрия заточки:

$\gamma = 0^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$. Заточка производилась электрокорундовыми кругами с последующей доводкой кругами из кубического нитрида бора.

Параметры износа резца фиксировались фотографическим способом 11 раз в ходе эксперимента непосредственно на станке с использованием установки В.П.Покровского, состоящей из микроскопа МИР-1 и микрофотонасадки МФН-3. Вычисление изношенной массы главной задней поверхности резца проводилось на основе измерений линейных величин износа с точностью $\pm 0,01$ мм по методике Г.И.Грановского с применением ЭЦВМ "Минск-22" и специально составленной для этой цели программы.

Зона износа задней поверхности в зависимости от вида разбивалась на ряд участков (от 3 до 18), объем которых максимально приближен к объему фигур правильной геометрической формы, определяемому по формулам, в нашем случае имеющим вид:

1. для участка равномерного износа, когда Γ постоянна на длине δ

$$V_a = 0,08801655 \delta h^2 \quad \text{мм}^3 \quad (1)$$

2. для участка, когда линейный износ изменяется на длине δ от h_0 до h по прямой линии.

$$V_b = 0,08801655 \left[\frac{h-h_0}{3} + h \cdot h_0 \right] \quad \text{мм}^3 \quad (2)$$

3. для участка, когда h изменяется на длине δ по кривой линии близкой к параболе

$$V = 0,08801655 \left[\frac{c^2 \delta^2 n}{2n+1} + \frac{2c h_0 \delta^n}{n+1} + h_0^2 \right] \quad \text{мм}^3 \quad (3)$$

где

$$n = \frac{\sum_{i=1}^3 n_i}{3}; \quad n_i = \lg \left(\frac{h_i - h_0}{h_{(i-1)} - h_0} \right) : \lg \frac{\delta_i}{\delta_{i+1}}$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^4 c_i}{4}; \quad c_i = \frac{h_i - h_0}{\delta_i^2}$$

h_i измеряется в соответствующих точках $\delta_0, \delta_1 = \frac{\delta}{4}, \delta_2 = \frac{\delta}{2},$

$$\delta_3 = \frac{3\delta}{4}, \delta_4 = \delta$$

Суммированный объем всех участков изношенного лезвия умножался на плотность инструментального материала. Зависимость изменения величины изношенной массы с увеличением пути резания достаточно точно аппроксимирована степенной функцией

$$M_3 = CL^n \quad \text{мг} \quad (4)$$

где C и n — величины, зависящие от условий резания.

За количественную характеристику режущих свойств сталей дисперсионного твердения принята величина интенсивности нарастания изношенной массы главной задней поверхно-

сти, выраженная в мГ на 1 м пути резания.

$$M_3' = nCL^{n-1} \quad \text{мГ/м} \quad (5)$$

Из анализа формулы видно, что интенсивность нарастания изношенной массы находится в прямой зависимости от условий резания (C и n) и длины пройденного пути.

Длина пути резания, пройденная инструментом до затупления, зависит только от износа режущего инструмента, непосредственно не связана функционально с режимами резания (в отличие от времени резания и площади обработанной поверхности), поэтому так же принята характеристикой, определяющей влияние параметров режима резания на износ инструмента.

Г л а в а Ш

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РЕЗЦОВ ИЗ СТАЛЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

При точении стали 45 и 18ХНВА на главной задней поверхности резца кроме полочки износа относительно равной ширины образуется в её конце клинообразное углубление, развивающееся вследствие локального износа повышенной интенсивности, максимальная величина которого для стали Р18 значительно больше, чем для сталей дисперсионного твердения. При точении стали Х18Н10Т и титанового сплава ВТЗ-1 подобного углубления в конце лезвия в наших условиях не образуется.

Зависимости нарастания изношенной массы от длины пути резания представляются плавными кривыми, на характер которых оказывают влияние как инструментальный и обрабатываемый материал, так и скорость резания. При точении стали 18ХНВА резцом из стали Р18 кривые износа во всем исследуемом диапазоне скоростей имеют ускоренно возрастающую вогнутую форму ($n > 1$). Такая форма кривых износа резцов из литых и кованных сталей дисперсионного твердения наблюдается только при скорости резания 10 м/мин, при всех

других скоростях кривые имеют замедленно возрастающую выпуклую форму ($\eta < 1$). При точении стали 45 кривые износа имеют ускоренно-возрастающую форму ($\eta > 1$). Четкое разграничение характера изменения износа установлено и при точении других обрабатываемых материалов. Характер изменения изношенной массы с увеличением пути резания оказывает прямое влияние на характер изменения интенсивности её нарастания.

Выражая типичные кривые изменения изношенной массы степенной функцией и полиномом 3-й степени, установлена минимальная длина пути резания, на которой аппроксимация зависимости $M_z \cdot f(L)$ степенной функцией дает наиболее точное отражение действительной закономерности. При точении стали 45, 18ХНВА, титанового сплава ВТ3-1 она равна 2000 м, при точении стали Х18Н10Т – 1000 м.

В процессе резания стали 45 наиболее интенсивно изнашиваются резцы из стали Р18 и Р10М5К25 кованого состояния. Наименьшей интенсивностью износа в диапазоне скорости резания 25–50 м/мин обладают резцы из кованой и литой стали Р18М3К25. В зоне оптимальных скоростей резания стали 18ХНВА (15–20 м/мин) минимальной интенсивностью износа обладают резцы из кованых сталей Р18М3К25, Р18М7К25 и из литой стали Р10М5К25. Последняя меньше изнашивается и при точении титанового сплава ВТ3-1 со скоростью порядка 12 м/мин, при $V = 15$ м/мин минимальная интенсивность износа литой стали Р18М7К25. Интенсивность нарастания изношенной массы резцов из сталей дисперсионного твердения при точении стали Х18Н10Т практически мало отличается от интенсивности износа стали Р18.

Зависимости длины пути от скорости резания при постоянной изношенной массе задней поверхности носят ярко выраженный экстремальный характер, хорошо согласующийся с изменением интенсивности нарастания изношенной массы той же поверхности резца.

При точении стали 45 ($M_z = 0,1$ мГ) в диапазоне скоростей резания 25–50 м/мин лучшими режущими свойствами обладает кованая сталь Р18М3К25. Несколько меньше (порядка 10%) пройденный путь резца из той же стали литого состояния. Резцы из литой стали Р10М5К25 в диапазоне скоростей резания до 45 м/мин показали более высокую стойкость по сравнению с коваными.

Литая сталь Р10М5К25 обладает повышенными режущими свойствами при точении титанового сплава ВТ3-1. В диапазоне скоростей 9 - 14 м/мин она уступает только стали Р18М7К25, которая вначале в ковном, а выше 13 м/мин в литом состоянии обеспечивает максимальный путь резания при износе $M_z = 0,12$ мГ. Если путь резца из стали Р18 с увеличением скорости резания от 9 м/мин резко сокращается и при $V = 15$ м/мин равен всего 20 м, то путь резца из стали Р18М7К25 вначале возрастает до 3500 м, затем медленно убывает и при $V = 15$ м/мин равен 2600 м.

Отношение пути резания резцом из исследуемых сталей к пути резания резцом из стали Р18 приведено в таблицах № 5-8 соответственно для стали 45, 18ХНВА, сплава ВТ3-1 и стали Х18Н10Т.

Таблица № 5

Скорость резания	Р18М7К25		Р18М3К25		Р10М5К25	
	литая	кован.	литая	кован.	литая	кован.
25,0	2,15	2,15	1,73	2,11	1,35	1,19
35,0	4,12	4,71	4,94	5,42	4,24	3,96
42,0	1,49	1,71	2,10	2,01	1,68	1,42
50,0	3,16	3,81	3,88	4,38	3,20	3,80
58,0	10,30	12,20	5,63	5,95	5,32	5,63
65,0	14,00	15,40	12,00	13,00	9,00	10,00

Таблица № 6

Скорость резания	Р18М7К25		Р18М3К25		Р10М5К25	
	литая	кован.	литая	кован.	литая	кован.
10,0	2,07	2,71	2,48	1,55	1,26	1,15
15,0	1,55	1,62	1,43	1,64	1,59	1,38
20,0	3,46	3,62	3,42	3,75	3,54	3,33
25,0	3,47	4,00	2,93	4,24	3,31	2,46

1	2	3	4	5	6	7
40,0	2,66	3,00	3,33	2,50	1,33	1,20
60,0	12,50	15,00	10,00	10,00	2,50	2,50

Таблица № 7

Скорость резания	P18M7K25		P18M3K25		P10M5K25	
	литая	кован.	литая	кован.	литая	кован.
9,0	1,19	1,28	1,14	1,05	1,27	1,07
12,0	7,90	8,75	7,00	6,45	7,67	6,13
15,0	130,00	118,00	101,00	90,00	96,00	84,00
18,00	80,00	64,00	56,00	50,00	36,00	28,00

Таблица № 8

Скорость резания	P18M7K25		P18M3K25		P10M5K25	
	литая	кован.	литая	кован.	литая	кован.
10,0	0,92	1,23	0,81	1,15	0,64	0,66
15,0	1,37	1,55	1,20	1,31	1,15	1,30
20,0	1,12	1,12	0,94	0,99	0,65	0,65
25,0	1,10	1,19	1,00	1,08	0,86	0,72
30,0	1,25	1,33	1,04	1,11	0,92	0,67
35,0	13,00	14,00	8,00	10,00	6,50	5,00

Следует отметить, что при точении титанового сплава режущие свойства литых сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым процессом, несколько выше свойств кованых сталей того же химсостава.

Вследствие того, что зависимости длины пути резания от скорости резания представляются экстремальными кривыми с отчетливо выраженными точками перегиба, описать их общепринятыми степенными функциями не удастся. Для их математического выражения в нашем случае применены тригонометрические ряды Фурье вида:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + a_3 \cos 3x + \dots + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + b_3 \sin 3x + \dots \quad (6)$$

Для нахождения величины и знака коэффициентов Фурье применен метод приближенного гармонического анализа с использованием вычислительных схем, упрощающих и уменьшающих трудоемкость вычислительных работ.

Г л а в а 1У

ТЕМПЕРАТУРА РЕЗАНИЯ И ХАРАКТЕР ЕЁ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТЕЛЕ РЕЗЦА

Температура зоны контакта резца замерялась методом естественной, а отдельных точек его тела – методом искусственной термопары.

В основу конструкции резца положен метод обращенного движения, когда режущее лезвие после ряда переточек постепенно приближается к термопарам, сохраняя неизменными условия замера температуры. Девять хромель–алюмелевых термопар (диаметром 0,1 мм) конденсаторной сваркой крепились к телу резца в продольном шлифованном пазу. Расстояние ρ от центра горячего спая термопары до источника тепла рассчитывалось по формуле:

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \text{мм} \quad (7)$$

где x, y, z – координаты точки ее крепления. Через штепсельный разъем и гибкий кабель искусственные и естественная термопары подключались к 14-ти шлейфовому осциллографу Н-700, чувствительные гальванометры которого фиксировали их показания в течение 30 секунд перед прекращением резания с целью фотографирования износа.

Тарировка искусственных и естественных термопар проводилась в остывающей оловянной ванне от 720 до 260°C через 20°C.

При точении различных обрабатываемых материалов характер изменения температуры резания с увеличением скорости различен. Если при обработке стали X18H10T, титанового сплава BT3-1 с увеличением скорости температура резания стремительно возрастает почти по прямой линии, то при точении стали 45 ($V = 35-42$ м/мин) она не только не увеличивается, но даже несколько падает. Для различных сталей это падение различно и объясняется, очевидно, их различной теплопроводностью. Наиболее четко оно проявляется у стали P10M5K25. При скорости $V = 42$ м/мин зафиксирована температура резания:

для резца из стали P18M7K25 - 595°C

для резца из стали P18M3K25 - 580°C

для резца из стали P10M5K25 - 550°C

Температура резания при точении резцами кованого состояния в большинстве случаев на $5-7^{\circ}\text{C}$ выше температуры резца из той же стали литого состояния.

Наблюдается некоторая качественная связь величины температуры резания и ударной вязкости обрабатываемой стали (таблица № 9).

Таблица № 9

Марка стали	Ударная вязкость α_n кгм/см ²	Температура резания $^{\circ}\text{C}$ ($V = 25$ м/мин)
Сталь 45	2,0-3,3	475-480
Сталь 18ХНВА	9,3-15,5	595-600
Сталь X18H10T	28,0-29,5	725-730

Характер изменения температуры отдельных точек резца согласуется с характером изменения температуры резания тем четче, чем ближе к источнику тепла расположена точка крепления термпары. Зависимость температуры от расстояния точек тела резца до источника тепла с ограничивающим условием может быть аппроксимирована функцией вида:

$$\Theta = C_1 \rho^{-n_1} \quad ^{\circ}\text{C} \quad (8)$$

тогда скорость изменения температуры в этих точках выражается:

$$\Theta' = -\alpha_1 C_1 \rho^{-(n+1)} \quad ^\circ\text{C/мм} \quad (9)$$

Данные расчетов свидетельствуют, что при постоянном ρ скорость изменения температуры увеличивается значительно быстрее, чем температура резания. С возрастанием последней в 1,7–1,8 раза скорость изменения температуры в точках резца с $\rho = 2,5$ мм увеличивается в 2,4–2,8 раза. Увеличение ρ приводит к резкому ее снижению. При изменении ρ от 1 до 2,5 она уменьшается более чем в 4 раза, а при $\rho = 25$ мм в 100–150 раз ниже, чем при $\rho = 1$ мм. Наиболее резкое снижение скорости изменения температуры наблюдается в радиусе до 5 мм от источника тепла.

С увеличением скорости резания стали 18ХНВА, Х18Н10Т, титанового сплава ВТ3–1 наблюдается монотонный рост температуры резания, тогда как абсолютная величина изношенной массы главной задней поверхности резца и интенсивность ее нарастания носит ярко выраженный экстремальный характер. Нет синхронной связи между этими величинами и при точении стали 45. В диапазоне скоростей 25–35 м/мин температура резания растет, а износ уменьшается. При 35–42 м/мин наблюдается обратное явление. С увеличением скорости до 60 м/мин температура резания вновь повышается, а износ заметно падает. Только при $V = 50$ м/мин наблюдается их монотонное увеличение.

Таким образом, синхронность изменения температуры резания, величины изношенной массы задней поверхности резца и интенсивности ее нарастания в нашем случае наблюдается только при температуре контактных слоев порядка 550–600°C и выше.

Г л а в а У

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИЗНОСА РЕЗЦОВ ИЗ СТАЛЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Механизм износа инструмента в определенной степени может раскрыть характер его продуктов: их форма, величина,

взаимное расположение, места преимущественного скопления, их химический состав и другие данные.

Для изучения продуктов износа резцов из сталей дисперсионного твердения нами применен метод микрорентгено-спектрального анализа поверхностного слоя опорной стороны стружки и поверхности резания, образованных при точении различных обрабатываемых материалов с различной скоростью, подачей и глубиной резания. Этот метод основан на использовании спектра рентгеновских лучей, возбуждаемых в исследуемой пробе при бомбардировке ее узким пучком электронов больших энергий – электронным зондом. Абсолютная чувствительность метода 10^{-11} – 10^{-12} грамма.

Используя микрохиманализатор MS – 46 фирмы "САМЕСА" с настройкой на обнаружение химического элемента входящего в состав резца, но отсутствующего в обрабатываемом материале (кобальта), найдены частицы инструментального материала, диспергированного в процессе трения контактирующих поверхностей и унесенного из зоны резания стали 45, 18ХНВА, Х18Н10Т и сплава ВТЗ-1.

В процессе сканирования получены микрофотографии в поглощенных электронах и характеристическом рентгеновском излучении участков стружки и поверхности резания позволяющие достаточно точно определить размеры в плане, форму, места преимущественного расположения обнаруженных частиц инструментального материала. Используя полуколичественный анализ с записью интенсивности рентгеновского излучения, косвенно установлены размеры в глубину (толщина) отдельных частиц инструментального материала, их химический состав. Изучение мест расположения продуктов износа с применением электронного микроскопа при увеличении в 5–10 тыс. раз позволило выявить структуру отдельных частиц инструментального материала, уточнить их границы, размеры. Осреднение размеров и плотности расположения продуктов износа дало возможность провести ориентировочные сравнительные расчеты массы лунки износа образованной на передней поверхности резца и общей массы продуктов износа, которые возможно обнаружить на опорной стороне стружки. Результаты расчетов свидетельствуют о близости сравниваемых величин.

Влияние скорости резания и подачи на механизм износа резцов из стали Р10М5К25 исследовалось при точении стали 18ХНВА в диапазоне скоростей резания 10–60 м/мин и подач 0,1–0,4 мм/об.

При скорости резания 18 м/мин ($\Theta = 505^{\circ}\text{C}$, $L = 4200$ м) обнаруженные частицы инструментального материала по размерам редко превышают 1–2 мк и плотность их расположения значительно ниже, чем при $V = 10$ м/мин ($\Theta = 365^{\circ}\text{C}$, $L = 1650$ м), при $V = 25$ м/мин ($\Theta = 595^{\circ}\text{C}$, $L = 1600$ м) количество частиц износа на единице поверхности стружки вновь возрастает, а при $V = 40$ м/мин ($\Theta = 680^{\circ}\text{C}$, $L = 350$ м) плотность их расположения становится еще выше. С увеличением скорости до 60 м/мин ($\Theta = 710^{\circ}\text{C}$, $L = 50$ м) размеры и плотность расположения частиц износа значительно возрастает.

Сравнительно крупные частицы износа обнаружены на стружке срезанной при $V = 40$ м/мин и $S = 0,4$ мм/об ($\Theta = 700^{\circ}\text{C}$). С уменьшением подачи до 0,1 мм/об ($\Theta = 640^{\circ}\text{C}$) размеры частиц сокращаются, количество их на единице поверхности стружки уменьшается.

Микрорентгеноспектральный анализ поверхности резания, контактирующей с задней поверхностью резца и изнашивающей её, свидетельствует о единстве механизма износа контактных поверхностей резца.

Г л а в а У1

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Для определения экономической эффективности замены быстрорежущей стали Р18 сталями дисперсионного твердения приняты условия:

1. Резец – токарный с припаянной пластиной из исследуемых сталей ГОСТ 10043–63, тип II.
2. Станок – 1Д62 в условиях серийного производства.
3. Условная операция – обточка детали с поверхностью 100 см^2 из исследуемых обрабатываемых материалов.

M 126753

4. Стойкостные характеристики резцов – данные настоящих исследований в условиях проведения эксперимента.

Экономический эффект определялся по методике ВНИИ как алгебраическая сумма экономических эффектов, получаемых в сфере производства нового инструмента и в сфере его потребления. Себестоимость резцов нового качества рассчитывалась на основе фактических затрат Опытного завода ЦНИИЧЕРМЕТ и Алтайского тракторного завода на выплавку и электрошлаковый переплав исследуемых сталей. Эксплуатационные затраты рассчитывались с учетом переточек резцов на основе данных ВНИИ и литературных источников.

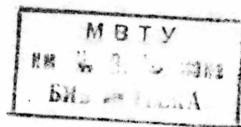
Сумма общей экономии на один резец нового качества и расходы связанные с эксплуатацией резца отнесенные на одну деталь-операцию находятся в прямой зависимости от скорости резания, обрабатываемых материалов и себестоимости резца.

В Ы В О Д Ы

1. Электрошлаковый переплав быстрорежущих сталей дисперсионного твердения способствует получению слитков повышенной чистоты и плотности с более равномерным и тонким распределением интерметаллидных соединений, с гладкой поверхностью без кристаллизационных трещин и практически без усадочной раковины.

2. Прочность на изгиб сталей дисперсионного твердения рафинированных электрошлаковым процессом в литом и ковном состоянии выше прочности тех же сталей открытой индукционной плавки и достигает уровня прочности сталей соответствующих марок, выплавленных в вакуумной (10^{-2} мм.рт.ст.) индукционной печи. Их режущие свойства при точении стали 40X в зоне скорости резания 55 м/мин в 2 и более раз выше свойств тех же сталей открытой индукционной плавки.

3. Оценка режущих свойств литых и кованных сталей дисперсионного твердения, рафинированных электрошлаковым процессом базируется на изменении величины изношенной массы главной задней поверхности цельного резца из стали



P18M7K25, P18M3K25, P10M5K25 в сравнении с P18 при точении без охлаждения стали 45, 18ХНВА, титанового сплава ВТ3-1 (кованое состояние) и стали Х18Н10Т (прокат) от длины пути резания в широком диапазоне скоростей. Величина изношенной массы определялась методом вычислений ЭЦВМ "Минск-22" по данным микрометрических измерений.

4. Вид износа главной задней поверхности резца не зависит от химсостава и состояния инструментальной стали, но может меняться с изменением обрабатываемого материала и скорости резания. Характер изменения величины изношенной массы от длины пути резания меняется как с изменением инструментального и обрабатываемого материалов, так и скорости резания и оказывает прямое влияние на характер изменения интенсивности ее нарастания с увеличением длины пути резания.

5. Все зависимости величины изношенной массы и интенсивности ее нарастания при постоянной длине пути также, как длина пути резания при постоянной изношенной массе от скорости резания носят ярко выраженный экстремальный характер с одним или двумя минимальными (максимальными) значениями. Оптимальными скоростями резания в наших условиях являются: при точении стали 45 в диапазоне 33-37 м/мин, стали 18ХНВА 15-20 м/мин, сплава ВТ3-1 10-15 м/мин, стали Х18Н10Т 10 м/мин.

6. При точении стали со структурой сорбитизированного перлита (типа 18ХНВА) целесообразно применение резцов из сталей дисперсионного твердения P18M3K25 кованого и P10M5K25 литого состояний, обеспечивающих при скорости резания 20 м/мин максимальный экономический эффект соответственно 886,2 и 837,0 коп. на 1 резец нового качества.

При точении стали с феррито-перлитной структурой (типа стали 45) целесообразно применение резцов из кованой и литой стали P18M3K25, обеспечивающей при минимальных расходах инструмента на 1 деталь-операцию ($V = 35$ м/мин) максимальный экономический эффект соответственно 1518,2 и 1358,2 коп. на 1 резец нового качества.

При точении титанового сплава ВТ3-1 целесообразно применение резцов из литой и кованой стали P18M7K25, обеспечивающей при скорости 15 м/мин максимальный экономический эффект соответственно 38959,0 и 35114,0 коп. на 1

резец нового качества. При точении аустенитной стали X18H10T применение сталей дисперсионного твердения экономически не целесообразно.

7. Температура резания при равных режимах зависит от физико-механических свойств контактирующих поверхностей обрабатываемого и инструментального материалов.

Скорость изменения температуры точек тела резца с изменением температуры резания меняется быстрее. Наблюдается резкое падение скорости изменения температуры точек тела резца с увеличением расстояния до источника тепла в радиусе до 5-8 мм.

Синхронное изменение температуры резания и величины изношенной массы задней поверхности резца в нашем случае наблюдается при температуре контактных слоев 550-600°C и выше.

8. Применение метода микрорентгеноспектрального анализа позволяет обнаружить в поверхностном слое опорной стороны стружки и поверхности резания продукты износа инструмента, размеры которых колеблются от 1 до 40 мкм² по площади проекции и от 0,1 до 1 мкм и более по глубине. Расположены они неравномерно с удалением друг от друга на расстояние от нескольких микрон до 1 мм и более в местах повышенных пластических деформаций, окруженных окислами.

Применение электронного микроскопа с увеличением в 5-10 тыс. раз позволяет установить структуру отдельных частей инструментального материала, уточнить их форму, размеры. Сопоставление величины массы лунки износа и массы частиц инструментального материала (осредненных размеров и плотности расположения), которые возможно обнаружить в поверхностном слое опорной стороны стружки свидетельствуют о близости значений этих величин.

9. Характер распределения продуктов износа, их размеры, структура, химический состав, места расположения и общая масса свидетельствуют о привалирующем адгезионном износе резцов из сталей дисперсионного твердения при точении стали 45, 18ХНВА, X18H10T и титанового сплава ВТ3-1.

В наших условиях механизм износа передней и задней поверхностей резцов остается неизменным, независящим от инструментального и обрабатываемого материалов скорости, подачи и глубины резания, с изменением которых меняется только интенсивность износа, но не его природа.

Основное содержание работы опубликовано в статьях:

1. Радченко В.Г., Шмаков Н.А. – К вопросу о разработке технологии производства дисперсионно-твердеющих сплавов для режущего инструмента на основе электрошлакового процесса. "Материалы научно-технической конференции (технология машиностроения, строительные материалы и конструкции)". Барнаул, 1967 г.

2. Шмаков П.А., Радченко В.Г., Ершов Т.В. – К вопросу о режущих свойствах литых и кованных дисперсионно-твердеющих сплавов, рафинированных электрошлаковым процессом. "Пути совершенствования технологических процессов на машиностроительных предприятиях края (материалы к краевой научно-технической конференции)". Выпуск 11, Барнаул, 1968 г.

3. Грановский Г.И., Шмаков Н.А. – Режущие свойства быстрорежущих сплавов дисперсионного твердения. "Вестник машиностроения", 1970, № 11.

Материалы по теме диссертации докладывались на 3-й Всесоюзной научно-технической конференции "Научные основы технологии и прогрессивные технологические процессы в машино- и приборостроении" (Москва, март 1970 г.).