

СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТ

2
1966

Содержание

МАНУЙЛОВ Л. К. и ВОСКОБОЙНИКОВ Б. С. — Виброустойчивость протяжных станков и стойкость протяжек	1
ЕСАЯН М. А. и ХАЧИЯН М. Г. — Оценка вибраций металлорежущих станков в производственных условиях	5
ГОДОВИЧ Г. М. и ЧЕРПАКОВ Б. И. — Автоматическая подналадка бесцентрово-шлифовальных автоматов	7
САФРАГАН Р. Э. — Опыт внедрения фрезерных станков с числовым программным управлением	8
МОРДЕХАЙ В. М. — Переделка горизонтально-фрезерного станка для электрохимической обработки	12
ЛЕБЕДЕВ А. М., НАЙДИС В. А. и ОРЛОВА Р. Т. — Тиристорные электроприводы подачи тяжелых токарных и карусельных станков	13
КОРОБОЧКИН Б. Л. — Динамические характеристики дросселя с регулятором ВАКС Д. И. — Некоторые работы заводских технологических лабораторий САКУЛЕВИЧ Ф. Ю. — Устройство для диагонального фрезерования	16
АЛЕНИН М. П. — Чистовое зубофрезерование жаропрочных сталей	20
ГРИБКОВ Ю. П., АЗАРХ С. Н. и ШНЫКИН Л. П. — Обработка кромок наклонных отверстий	22
МИТРОВИЧ В. П. и ФОМИЧЕВА М. К. — Влияние твердости на износостойкость чугунных корпусных деталей шлифовальных станков	24
ШРАЙБМАН С. М. и ПОГОРЕЛОВ В. С. — Влияние закалки зубчатых колес с нагревом венца т.в.ч. на их точность	28
ГЕЛЛЕР Ю. А. и БУСУРИНА И. А. — Повышение стабильности размеров инструмента и деталей путем термообработки	29
ШУСТЕР Л. Ш. — Исследование шероховатости обработанной поверхности в связи с износом резца	32
МАЛКИН Б. М. — Универсальный малогабаритный заточной станок	33
ПОПОВ Г. С. и СУВОРОВ Б. Н. — Отрезные резцы с мелким порошком	34
БЕДРИКОВЕЦКИЙ М. Л., ГРИЗОЦКИЙ М. Л. и КОКОШКИН Г. А. — Упрощенный метод определения угла наклона профиля червячных фрез для прямо-бочных шлицев	36
ПРОСКУРЯКОВ Ю. Г. и РЫЖОВ И. С. — Чугунные шаржированные притиры	39
БЛИНОВ Ю. Е. и ТУГЕНГОЛЬД А. К. — Круговой оптический датчик	40
ИНОСТРАННАЯ ТЕХНИКА	
АЛЛАН Х. КЭНДИ — Измерение цилиндрических косозубых колес с нечетным числом зубьев по двум роликам	43
РОЧЕК В. — Сверло для обработки сплавов алюминия	44
ИНФОРМАЦИЯ	
Основные рекомендации Международной электротехнической комиссии по электрооборудованию металлорежущих станков	45
Новая гамма консольно-фрезерных станков	47
Новые станки	47
БИБЛИОГРАФИЯ	
Рецензия	47
Книги, журналы	48

На первой странице обложки показана автоматическая линия мод. 1Л159, спроектированная СКБ-1 и изготовленная на станкозаводе им. Орджоникидзе. Линия предназначена для обработки наружного и внутреннего кронштейнов оси трактора. Ведущий конструктор линии Ф. В. Тарлавский. Краткое описание и техническая характеристика линии приведены на стр. 47.

Редакционная коллегия: АЛЕКСЕЕВ Г. А., АЧЕРКАН Н. С., БОБРИК П. И., ВЛАДИВЕВСКИЙ А. П., ВОРОНИЧЕВ Н. М., ДИКУШИН В. И., ИПОЛИТОВ Г. М., ИСАЕВ А. И., КАЛИНКОВ М. В., НИКИТИН Б. Д., НИКУЛИН Н. С., ПАВЛОВ А. А., РОМАНОВ К. Ф., ЧАРНКО Д. В., ШИРОКОВ В. А.

Гл. редактор А. Павлов

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Адрес редакции: Москва К-12, ул. 25 Октября, д. 10. Тел. Б 1-41-32

Технический редактор Ф. П. Мельниченко

Корректор Р. Ф. Цветкова

Сдано в производство 6/ХП—1965 г.
Формат бумаги 60 × 92¹/₈

Тираж 21280 экз.

6 п. л.

3 бум. л.

Подписано в печать 22/1—1966 г.
9 уч.-изд. л. Зак. 5540.

Типография изд-ва «Московская правда», Потаповский пер., 3

М. П. Аленин

УДК 621.914.5:669.14.018.44

Чистовое зубофрезерование жаропрочных сталей

В статье приведены рекомендации по геометрии и материалу режущего инструмента, а также стойкостные зависимости при зубофрезеровании жаропрочных сталей.

Одним из путей повышения производительности зубофрезерования жаропрочных сталей является разделение этого процесса на черновую и чистовую операции; в этом случае на черновой операции можно применять дисковые фрезы, оснащенные твердым сплавом. Результаты исследования процесса чернового зубофрезерования сталей ХН35ВТЮ и 1Х18Н9Т опубликованы в работе [1]; в данной статье излагаются результаты исследования чистового зубофрезерования.

Стойкостные исследования выполнялись однозубой фрезой на модернизированном зубофрезерном станке мод. 5312 с бесступенчатым регулированием скорости резания. Для проведения контрольных опытов применялась острозаточенная червячная фреза (рис. 1). Ввиду малых сечений стружек при чистовом зубофрезеровании оказалось возможным не делать на корпусе фрезы опорных поверхностей под ножи. Такая конструкция позволяет собирать в одном корпусе фрезы различного модуля (2—6 мм) путем замены ножей и прокладок.

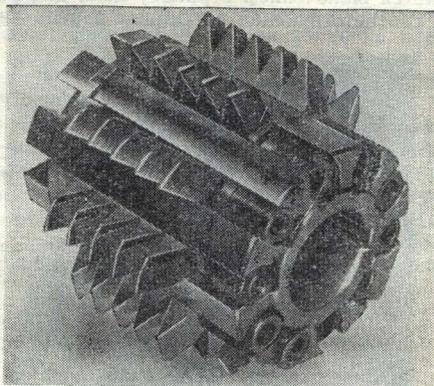


Рис. 1

Для определения оптимальной марки быстрорежущей стали были испытаны ножи из сталей Р9, Р18, Р24, Р9К5, Р9К10 и Р18Ф4К8М. Все ножи изготовлялись сечением 17×17 мм и подвергались термообработке. Подогрев ножей осуществлялся в камерной печи при температуре 850°C в течение 20 мин. Для сталей Р9К5 и Р9К10 применялся двойной подогрев: первый до 650, второй до 850°C. Затем ножи переносились в закалочных приспособлениях в хлористобариевую ванну, где нагревались до соответствующих температур и закалывались в масле. Температура ванны контролировалась платино-платинородиевой термопарой. Ванна раскислялась платино-платиновой солью. Температурный режим закалки для сталей Р18, Р18М, Р24 составлял 1280⁺⁵°C при выдержке 90 сек, для стали

Р18Ф4К8М — 1260⁺⁵°C при выдержке 70 сек и для сталей Р9, Р9К5, Р9К10 — 1230⁺⁵°C при выдержке 80 сек.

После закалки производился отпуск в лабораторной муфельной печи с терморегулятором при температуре 560°C (три раза по 1 ч). После каждого отпуска контролировалась твер-

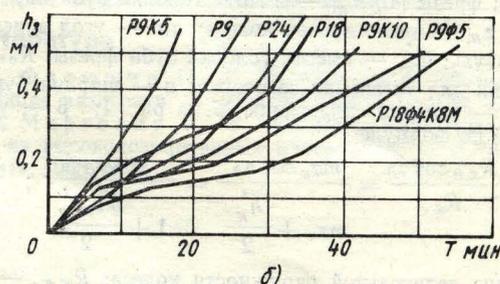
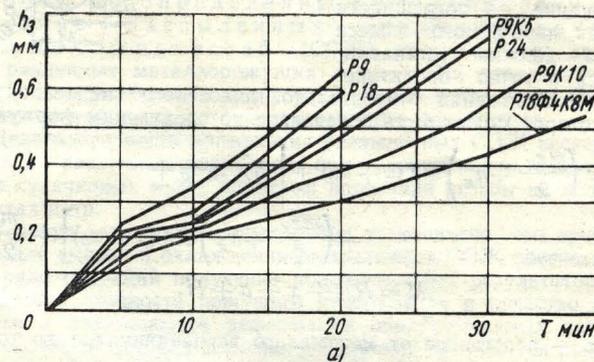


Рис. 2. Износ ножей при обработке:
а — стали ХН35ВТЮ; б — стали 1Х18Н9Т

дость на двух ножах из стали каждой марки; кроме того, после второго отпуска проверялась микроструктура на двух ножах из стали каждой марки. Микрошлифы просматривались на горизонтальном металломикроскопе МИМ-8 при увеличении в 600 раз. Затем производился заключительный третий отпуск для всей партии ножей и шлифование, заточка и измерение твердости. Твердость и микроструктура ножей приведены в табл. 1, стойкость — в табл. 2, износ их — на рис. 2 (обработывались колеса с $t=5$ мм). Скорость резания при обработке стали ХН35ВТЮ составляла 25 м/мин, а стали 1Х18Н9Т

Таблица 1

Марка инструментальной стали	Твердость RC после отпуска			Микроструктура
	1-го	2-го	3-го	
P9	63	63	63	Игольчатый мартенсит + карбиды. После 2-го отпуска сохранялся остаточный аустенит в местах скопления карбидов
P18 P24	64 64	64 65	64 65	
P9K5	66	66	65	Игольчатый мартенсит + карбиды. После 2-го отпуска сохранялось небольшое количество остаточного аустенита
P9K10 P18Ф4К8М	65 66	65 68	65 68	

87 м/мин. Остальные параметры резания, за исключением исследуемого, были одинаковыми: глубина резания $t=11,25$ мм, подача $s_z=0,15$ мм/зуб, задний угол при вершине $\alpha=20^\circ$, боковой задний угол $\alpha_1=14^\circ$, $\gamma=0$. Резание осуществлялось при попутной подаче, без охлаждения; величина припуска 1,2 мм.

Из табл. 2 видно, что наилучшей стойкостью обладает высоковольфрамовая кобальтованадиевая сталь P18Ф4К8М. Отличительной особенностью этой стали от кобальтованадиевых подобного типа (ГОСТ 9373—60) является повышенное содержание углерода, ванадия, кобальта и молибдена, что позволяет производить закалку инструмента с меньшей выдержкой при окончательном нагреве. Короткая выдержка способствует минимальным обезуглероживанию и деформации, а также повышенной красностойкости (до 650°C) при высокой твердости, что является одной из причин высокой стойкости при обработке жаропрочных сталей, когда в зоне резания возникают высокие температуры. Из стандартных быстрорежущих сталей лучшие результаты показали P9K10 при обработке стали ХН35ВТЮ и P9Ф5 при обработке стали 1Х18Н9Т.

Таблица 2

Марка инструментальной стали	Стойкость ножей в мин при обработке стали	
	ХН35ВТЮ	1Х18Н9Т
P9	15,7	24,1
P18	17,2	33,5
P24	21,0	31,2
P9K5	20,0	16,5
P9Ф5	—	51,3
P9K10	27,4	41,0
P18Ф4К8М	35,0	54,0

Известно, что получение больших задних углов у затылованных червячных фрез ограничивается их конструкцией. Боковые задние углы зависят от величины заднего угла при вершине (заднего торцевого угла). Расчеты показывают, что боковые задние углы получаются значительно меньше торцевого заднего угла при $\alpha=10\div12^\circ$ и $\alpha_1=2\div3^\circ$. Однако у острозаточенных червячных фрез можно получать значительно большие задние углы, чем у затылованных, так как заточка ножей острозаточенных фрез производится вне корпуса. В связи с изложенным возникла необходимость изучить влияние геометрии заточки ножей на их стойкость. Для опытов использовались ножи из стали P18 с $\gamma=+10\div-10^\circ$, $\alpha=10\div25^\circ$ и $\alpha_1=3\div16^\circ$. Износ ножей в зависимости от геометрии показан на рис. 3 и 4, из которых видно, что геометрия ножей оказывает значительное влияние на их стойкость.

При увеличении переднего угла стойкость ножей возрастает, что объясняется снижением усилий резания. Уменьшение торцевого угла с 20 до 10° приводит к снижению стойкости в связи с изменением характера износа ножей; при уменьшении торцевого угла основной износ перемещается с боковых режущих кромок на торцовую; при этом интенсивность износа рез-

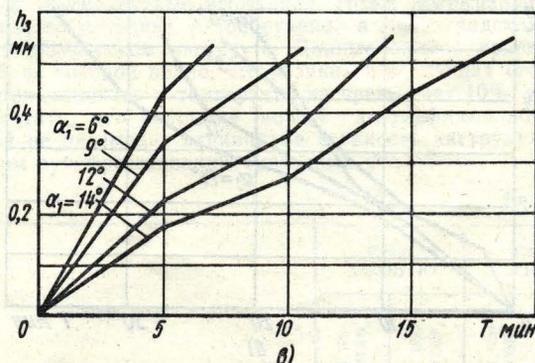
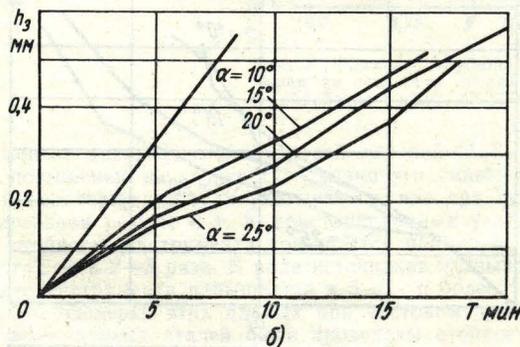
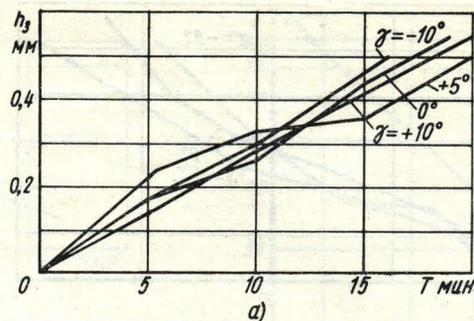


Рис. 3. Износ ножей при обработке стали ХН35ВТЮ в зависимости от величины: а — переднего угла ($\alpha=20^\circ$, $\alpha_1=14^\circ$); б — заднего торцевого угла ($\gamma=0^\circ$, $\alpha_1=14^\circ$); в — задних боковых углов ($\gamma=0^\circ$, $\alpha=20^\circ$)

ко возрастает. Уменьшение задних боковых углов с 14 до 6° также вызывает резкое снижение стойкости.

На рис. 5 показана зависимость стойкости ножей из быстрорежущих сталей различных марок от скорости резания. Графики построены для затупления $0,5$ мм. Из графиков видно, что характер влияния скорости резания на стойкость примерно одинаков, однако уровень различен. Так, стойкость 180 мин соответствует скорости резания 14 м/мин при обработке стали ХН35ВТЮ и 65 м/мин при обработке стали 1Х18Н9Т. Одной из причин большого влияния скорости резания на стойкость является плохая теплопроводность исследуемых сталей, вследствие чего даже небольшое увеличение скорости резания может вызывать значительное повышение температуры в зоне резания. Зависимости между стойкостью и скоростью резания могут быть выражены формулами

$$T = \frac{C_T}{v^{x_T}}$$

и соответственно

$$v = \frac{C_v}{T^{x_v}}$$

Значения постоянных коэффициентов и показателей степеней приведены в табл. 3. В опытах по изучению влияния пода-

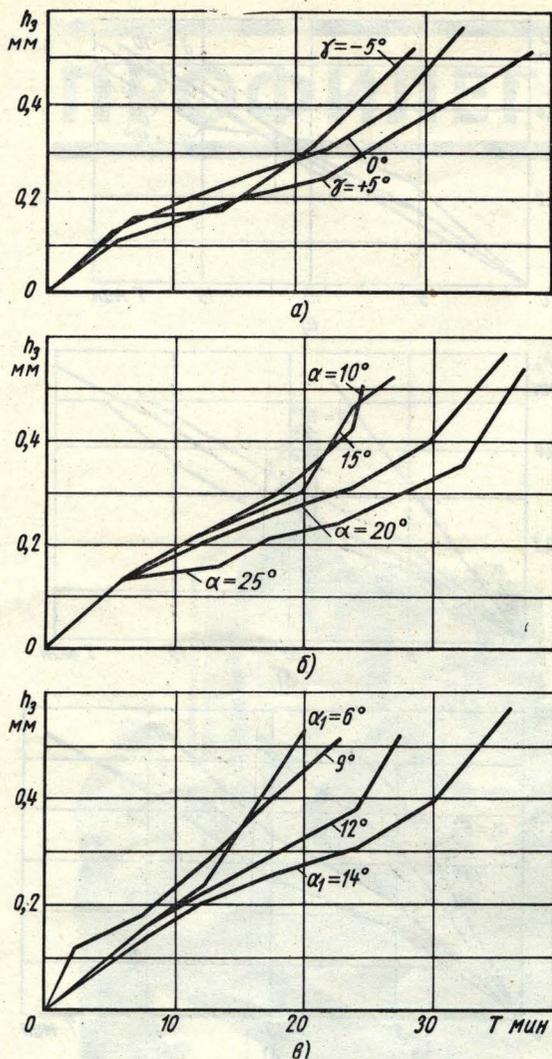


Рис. 4. Износ ножей при обработке стали 1X18H9T в зависимости от величины: а — переднего угла ($\alpha=20^\circ$, $\alpha_1=14^\circ$); б — заднего торцового угла ($\gamma=0^\circ$, $\alpha_1=14^\circ$); в — задних боковых углов ($\gamma=0^\circ$, $\alpha=20^\circ$)

чи на стойкость подача изменялась в пределах 0,05—0,5 мм/зуб при скорости резания 20 м/мин для стали ХН35ВТЮ и 87 м/мин для стали 1X18H9T. Остальные параметры резания были постоянными и теми же, что в предыдущих опытах. Влияние подачи на стойкость показано на рис. 6; эта зависимость может быть выражена формулами:

для стали ХН35ВТЮ

$$T = \frac{8,34}{s_z^{0,33}};$$

для стали 1X18H9T

$$T = \frac{16,28}{s_z^{0,33}}.$$

Для изучения влияния припуска на стойкость были проведены опыты, при которых величина припуска изменялась в пределах 0,1—1,2 мм при неизменных остальных параметрах резания. На рис. 7 приведены графики влияния припуска на стойкость; зависимость между стойкостью и припуском может быть выражена формулами:

для стали ХН35ВТЮ

$$T = \frac{19,13}{\delta^{0,66}};$$

для стали 1X18H9T

$$T = \frac{38,2}{\delta^{0,87}}.$$

Таблица 3

Марка инструментальной стали	Коэффициенты и показатели степеней	Обрабатываемая сталь	
		ХН35ВТЮ	1X18H9T
P18Ф4К8М	C_T	$4,95 \cdot 10^7$	$52,89 \cdot 10^9$
	x_T	4,4	4,65
	C_V	55,81	202
	x_V	0,227	0,215
P9K10	C_T	$3,87 \cdot 10^7$	$41,9 \cdot 10^9$
	x_T	4,4	4,65
	C_V	52,8	192,2
	x_V	0,227	0,215
P18	C_T	$2,4 \cdot 10^7$	$35 \cdot 10^9$
	x_T	4,4	4,65
	C_V	47,5	184,8
	x_V	0,227	0,215
P9	C_T	$2,22 \cdot 10^7$	$29,95 \cdot 10^9$
	x_T	4,4	4,65
	C_V	46,52	170,5
	x_V	0,227	0,215
P9K5	C_T	$2,83 \cdot 10^7$	—
	x_T	4,4	—
	C_V	49,15	—
	x_V	0,227	—

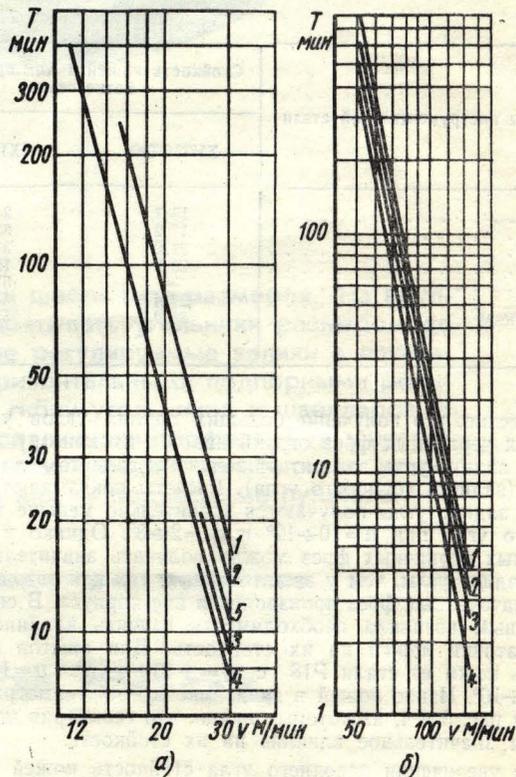


Рис. 5. Зависимость стойкости ножей от скорости резания при обработке: а — стали ХН35ВТЮ; б — стали 1X18H9T. 1 — P18Ф4К8М; 2 — P9K10; 3 — P18; 4 — P9; 5 — P24

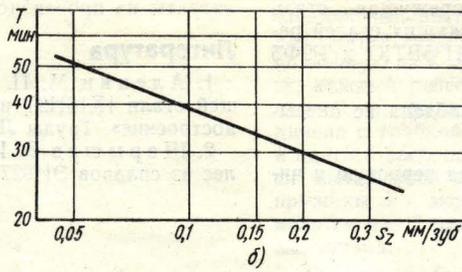
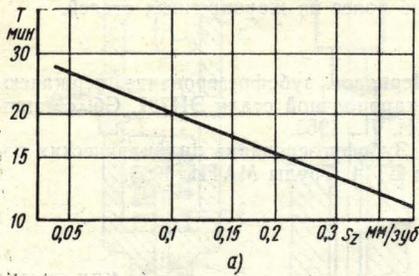


Рис. 6. Влияние подачи на стойкость ножей из стали P18 при обработке:
а — стали ХН35ВТЮ ($v=25$ м/мин); б — стали IX18H9T ($v=87$ м/мин)

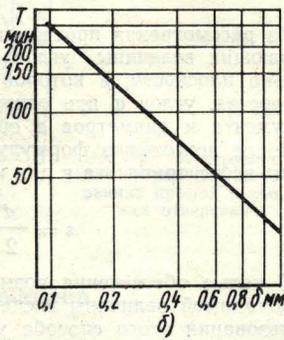
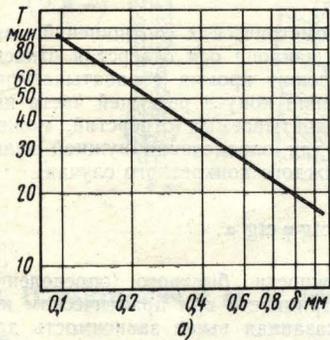


Рис. 7. Влияние припуска на стойкость ножей при обработке:
а — стали ХН35ВТЮ; б — стали IX18H9T

Опытами установлено, что в процессе резания зубья червячной фрезы обрабатывают строго определенные участки эвольвентного профиля колеса. При этом глубина резания для любого зуба червячной фрезы меньше $2,25 t$. В связи с этим необходимо было выявить влияние глубины резания на стойкость. При проведении испытаний глубина резания изменялась в пределах $4,4-11,7$ мм; остальные параметры оставались постоянными. Испытания показали, что при обработке стали ХН35ВТЮ глубина резания не оказывает влияния на стойкость. При обработке стали IX18H9T стойкость с увеличением глубины резания снижается, что объясняется более интенсивным ростом силы резания и температуры. Влияние глубины резания на стойкость иллюстрируется графиком на рис. 8.

Зависимость стойкости от глубины резания выражается формулой

$$T = \frac{290}{t^{0,9}}$$

В табл. 4 приведены данные, характеризующие влияние охлаждения (полив машинным маслом) на стойкость. Опыты

Таблица 4

Обрабатываемая сталь	Стойкость в мин при резании	
	без охлаждения	с охлаждением
ХН35ВТЮ	17,2	45,8
IX18H9T	33	152

проводились при тех же параметрах резания, что и предыдущие ($\delta=1,2$ мм, $\gamma=0^\circ$, $\alpha=20^\circ$, $\alpha_1=14^\circ$, $s_z=0,15$ мм/зуб). Повышение стойкости при охлаждении объясняется снижением температуры в зоне резания. Температура при резании стали IX18H9T без охлаждения равна 520°C , а при охлаждении маслом $\sim 390^\circ\text{C}$.

Опыты показали, что при зубофрезеровании со встречной подачей стойкость снижается примерно на 10–35%; одной из причин является приваривание стружки к режущим кромкам при выходе зуба из зоны резания. При последующем врезании стружка снова попадает под режущие кромки.

За последнее время в отечественной и зарубежной печати появились сообщения о том, что покрытие режущих кромок

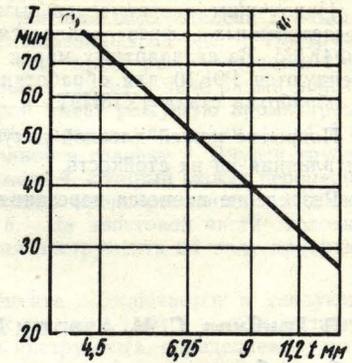


Рис. 8. Влияние глубины резания на стойкость ножей при обработке стали IX18H9T

инструментов дисульфидмолибденовой смазкой MoS_2 способствует повышению их стойкости. Однако эти данные разноречивы: в некоторых работах указывается, что при фрезеровании, нарезании резьбы и т. д. конструкционных углеродистых сталей стойкость инструмента повышается примерно на 50%, а в других — в 2–3 раза. В ряде источников указывается, что стойкость инструмента повышается в 5 раз и более.

С целью проверки этих данных при чистовом зубофрезеровании жаропрочных сталей были проведены стойкостные, силовые и температурные испытания. Ножи покрывались пленкой MoS_2 по методике, разработанной в Ленинградском инженерно-экономическом институте. Данные опытов приведены в табл. 5, из которой видно, что разница в величинах стойкости, крутящих моментов и температур не превышает 10%, т. е. можно считать, что покрытие ножей дисульфидмолибденовой смазкой не оказывает влияния на стойкость инструмента при чистовом зубофрезеровании указанных сталей.

Таблица 5

Параметр	Сталь ХН35ВТЮ		Сталь IX18H9T	
	при по- крытии	без по- крытия	при по- крытии	без по- крытия
Скорость резания в м/мин	25	25	87	87
Подача в мм/зуб	0,15	0,15	0,15	0,15
Твердость RC	64,5	64	64,5	65
M _{кр} в кгм	8,7	8,6	6,8	7,0
$\theta_{\text{тах}}$ в $^\circ\text{C}$	550	560	505	500
Стойкость в мин	18,8	17,2	34,0	33,5

Значения коэффициентов и показателей степеней при расчете по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^{x_v} s_z^{y_v} \delta^{z_v} t^{K_v}}$$

приведены в табл. 6.

Таблица 6

Обрабатываемая сталь	Кoeffи- циент C_v	Показатели степеней			
		x_v	y_v	z_v	K_v
ХН35ВТЮ	41,51	0,227	0,086	0,15	0
IX18H9T	263	0,215	0,084	0,187	0,193

Выводы

1. Для чистового зубофрезерования жаропрочных сталей целесообразно применять острозаточенные червячные фрезы, преимуществом которых является возможность получения значительно больших задних углов, чем у стандартных червячных фрез.

2. Наилучшим инструментальным материалом для ножей острозаточенных фрез является быстрорежущая сталь Р18Ф4К8М. Из стандартных марок быстрорежущих сталей рекомендуются Р9К10 для обработки стали ХН35ВТЮ и Р9Ф5 для обработки стали 1Х18Н9Т.

3. Покрытие ножей пленкой дисульфидмолибдена не оказывает влияния на их стойкость.

4. Разделение процесса нарезания колеса на черновую и чи-

стовую операции позволяет примерно в 2—3,5 раза снизить затраты на производство колес из жаропрочных сталей.

Литература

1. А л е н и н М. П. Черновое зубофрезерование нержавеющей стали 1Х18Н9Т и жаропрочной стали ЭИ787. Сб. «Машиностроение». Труды ЛПИ. Л., 1963.

2. Ш е р ы ш е в В. И. Зубофрезерование цилиндрических колес из сплавов ЭИ827 и ВТ14. Труды МАТИ. 1963.