

при обработке стали 30XГСН2А-ВД хорошо известны, то контрольные испытания необработанных лазером вершин производились по сокращенной методике.

Если за стойкость принять время работы резцов до износа по задней поверхности  $l_{\Sigma} = 0,3$  мм, то она будет иметь величину, приведенную в таблице.

Средняя стойкость быстрорежущих резцов Р6М5, упрочненных на ОИГ при различной величине энергии накачки

Энергия накачки, кДж	30,5	29,5	27,0	0
Средняя стойкость, мин	146	137	65	60

Из таблицы видно, что стойкость резцов Р6М5, упрочненных лазером, повысилась в 1,3-2,2 раза. Наибольшее повышение стойкости обеспечивают резцы, упрочненные лазером при энергии накачки 30,5 кДж.

Проведенная работа позволяет сделать следующие выводы:

1. Облучение лазером быстрорежущих инструментов может повысить их стойкость в 2 и более раза.
2. Эффект повышения стойкости режущего инструмента может быть получен только при определенных (оптимальных) режимах лазерного облучения.
3. В исследованной области облучения эффект повышения стойкости быстрорежущих резцов может быть объяснен соответствующим изменением микроструктуры и микротвердости поверхностного слоя.

УДК 621.914.2; 621.91.01

М.П.А л е н и н

РЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА ДИСКОВЫХ ФРЕЗ,  
УПРОЧНЕННЫХ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

В работе приводятся данные о стойкости упрочненных разными методами дисковых фрез из различных марок быстрорежущих сталей при фрезеровании жаропрочной стали IX1МФ с механическими свойствами:  $\sigma_R = 910$  МПа;  $\sigma_T = 770$  МПа,  $\delta = 15\%$ ,  $\psi = 56\%$ ,  $a_K = 50,5$  Н·м/см<sup>2</sup>.

Стойкостные опыты проводились на модернизированном горизонтально-фрезерном станке мод. 6М82 однозубыми дисковыми фрезами диаметром 90 мм, оснащенными сменными ножами сечением 20x20 мм. Геометрия заточки всех ножей принята оптимальной:  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\gamma_1 = \alpha_1 = 3^\circ$ ,  $\omega = 0^\circ$ . Фрезеровались уступы шириной  $B = 5$  мм, глубиной  $t = 3$  мм при подаче 0,1 мм/зуб. Стойкостные опыты проводились при трех скоростях резания: 1,00; 1,18; 1,48 м/с без охлаждения и при встречной подаче.

Износ ножей измерялся по задней поверхности резца с помощью микроскопа непосредственно на рабочем месте (без снятия ножей с оправки) с погрешностью  $\pm 0,01$  мм. Изучение характера износа показало, что он развивается в виде равномерной ленточки без сколообразования. Передняя поверхность практически не изнашивается, за критерий затупления принята ширина ленточки износа по задней поверхности в 0,5 мм.

Исследовались ножи из быстрорежущих сталей: P18, P12, P9, P9Ф5, P6M5, P6M3, P2Ф2ЗК6M5AT и P0Ф2К6M5AT. В последних двух марках стали вольфрам частично или полностью заменен молибденом. Термообработка проведена по оптимальным режимам для каждой марки быстрорежущей стали. Температура ванн строго контролировалась образцовыми приборами. Твердость ножей после окончательной термообработки приведена в таблице.

Упрочнение ножей из сталей P18 и P6M5 способом конденсационно-ионной бомбардировки (КИБ) производилось на установке ИЭТ-СИ-1. Режим нанесения покрытия из нитрида титана: ток при ионной очистке - 1А; время ионной очистки - 10 мин; напряжение при напылении - 300 В; время напыления - 30 мин; микротвердость после упрочнения  $H = 24 \cdot 10^3 \dots 28 \cdot 10^3$  МПа; толщина пленки 8...10 мкм.

Упрочнение ножей из сталей P18 и P6M5 облучением на оптическом квантовом генераторе (ОКГ) производилось на установке "Квант-16". Режим упрочнения: энергия импульса - 18 Дж; диаметр пятна - 4 мм; перекрытие пятен - 25%; рабочая среда - воздух; микротвердость  $H = 11 \cdot 10^3 \dots 12 \cdot 10^3$  МПа.

Упрочнение ножей из сталей P18 и P6M5 способом электроискрового легирования производилось на установке ЭИЛ-46 на третьем режиме. Применялся твердый сплав ВК8.

Результаты испытания ножей из различных марок быстрорежущих сталей приводятся в таблице. Там же приведены средние значения стойкости, подсчитанные по результатам не менее чем пяти опытов по каждому исследуемому параметру. Величины коэффициентов стойкости  $K_1, K_2, K_3$  рассчитаны по отношению к стойкости фрез из стали P18 для каждой скорости.

Влияние упрочнения различными способами на коэффициент относительной стойкости однозубых дисковых фрез при обработке жаропрочной стали IX1MФ

Способ упрочнения, марка стали	Твердость HRC	$v=1$ м/с		$v=1,18$ м/с		$v=1,48$ м/с		Коэффициент относительной стойкости $K_{ср} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}$
		$T_{ср}$ , мин	$K_1$	$T_{ср}$ , мин	$K_2$	$T_{ср}$ , мин	$K_3$	
Неупроч.								
P18	64,0	112,0	1,00	66,5	1,00	18,5	1,00	1,00
P12	64,0	118,0	1,05	-	-	18,5	1,00	1,02
P9	63,0	114,0	1,02	63,0	0,95	18,1	0,98	0,98
P6M5	62,5	110,0	0,98	66,5	1,00	18,0	0,97	0,98
P6M3	62,0	115,0	1,03	66,5	1,00	18,7	1,01	1,01
P02K6M5AT	63,5	140,0	1,25	76,4	1,15	22,0	1,19	1,15
P21K6M5AT	64,0	156,0	1,40	79,0	1,20	20,4	1,00	1,23
НИБ								
P18	-	207,0	1,85	101,0	1,52	24,9	1,35	1,57
P6M5	-	221,3	1,86	99,7	1,50	23,9	1,33	1,56
ОКГ								
P18	-	169,1	1,51	109,7	1,65	30,0	1,62	1,59
P6M5	-	174,9	1,47	106,4	1,60	28,4	1,58	1,55
Искровое легирование								
P18	-	257,6	2,30	159,6	2,40	43,4	2,35	2,35
P6M5	-	279,6	2,35	162,9	2,45	45,3	2,45	2,48

По данным таблицы можно сделать некоторые выводы:

1. Стойкость дисковых фрез из быстрорежущих сталей P18, P12, P9, P9Ф5, P6M5, P6M3 в диапазоне 1...1,48 м/с различается не более чем на 7% и можно считать ее одинаковой, если учесть погрешность стойковых опытов  $\pm 5\%$ .

Исключение составляют дисковые фрезы из сталей P02K6M5AT и P21K6M5AT, стойкость которых примерно в 1,2 раза выше стойкости фрез из стали P18, что указывает на перспективность применения сложнлегированных быстрорежущих сталей для дискового фрезерования жаропрочных сталей.

2. Коэффициент относительной стойкости дисковых фрез, упрочнен-

ных методом КИБ, зависит от скорости резания. В то же время на стойкость фрез, упрочненных методами ОКГ и электроискрового легирования, скорость резания не оказывает влияния.

3. Содержание вольфрама в быстрорежущих сталях не влияет на коэффициенты стойкости дисковых фрез. При выборе марки быстрорежущих сталей для фрезерования жаропрочных сталей предпочтение следует отдавать маловольфрамовым сталям.

4. Наибольший коэффициент относительной стойкости ( $K_{ср} = 2,35$  и  $2,48$ ) показали дисковые фрезы соответственно из сталей Р18 и Р6М5 при упрочнении их способом электроискрового легирования.

УДК 621.9.025.7:661.65

Г.С.Железнов, С.А.Сингеев

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ РАЗВЕРТКАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ ПОЛИКРИСТАЛЛАМИ ЭЛЬБОРА-Р

Образование стружки при обработке закаленных сталей инструментом из эльбора происходит при малом переднем угле, непрерывно уменьшающемся по мере износа режущего инструмента. Высокая прочность обрабатываемого материала и малая прочность лезвия инструмента из эльбора обуславливают необходимость придания инструменту малого переднего угла, малую допустимую толщину срезаемого слоя и интенсивный износ лезвия путем последовательно происходящих на нем микроразрушений. Последнее приводит к увеличению радиуса округления лезвия и уменьшению действительного переднего угла в связи с малой толщиной срезаемого слоя, характерной для данных условий обработки.

Существенной особенностью процесса стружкообразования является и то, что процесс резания происходит при высокой температуре, исключая образование нароста и определяющей относительно небольшой коэффициент трения между лезвием и стружкой, сохраняющийся постоянным в интервале практически применяемых режимов резания. Кроме этого, для процесса развертывания характерно и то, что он начинается при относительно большом радиусе округления лезвий. Это обусловлено тем, что вектор скорости алмазного круга при заточке лезвий близок по направлению к режущей кромке. При проведении экспериментов и их теоретическом обобщении эти обстоятельства необходимо учитывать.