

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ЛИТЫХ  
ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ X25CH3Д и ЭИ 316 ПРИ ТОРЦЕВОМ  
ФРЕЗЕРОВАНИИ**

А. М. РОЗЕНБЕРГ, А. К. БАЙКАЛОВ, А. Ф. АНИСИМОВ,  
В. А. ГОВОРУХИН, А. В. ПОЗОЛОТИН

(Представлена проф. докт. А. Н. Ереминым)

В лаборатории резания металлов Томского политехнического института с января 1962 года проводится работа по исследованию обрабатываемости жаропрочных сталей при торцевом фрезеровании. Работа проводится по хоздоговору с Красноярским совнархозом.

Цель этой работы — отыскание наиболее оптимального материала режущего инструмента, геометрии заточки ножей фрез, определение допустимых величин подач и уровня скоростей резания, позволяющих получить практически целесообразную величину стойкости инструмента. Твердость стали ЭИ 316  $HV = 180 - 210 \text{ кг/мм}^2$ ; X25CH3Д  $HV = 300 \text{ кг/мм}^2$ .

Исследование проводилось на горизонтально-фрезерном станке. Диаметр фрезы, которым производилась обработка, равнялся 200 мм. Для получения нужных величин подач на зуб был спроектирован и изготовлен специальный редуктор с передаточным отношением 1/64.

Износ резца по задней грани определялся с помощью лупы Бриелля с десятикратным увеличением. Стойкостные сравнительные испытания проводились фрезами с марками твердого сплава ВК8, ВК6М, ВК4, ТТ7К12, Т5К10 при следующих режимах фрезерования:

$$B = 150 \text{ мм}, V = 47 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, s_z = 0,154 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}, t = 3 \text{ мм}, D = 200 \text{ мм},$$

где  $B$  — ширина фрезерования в мм,  
 $t$  — глубина фрезерования в мм,  
 $D$  — диаметр фрезы в мм.

Наибольшую стойкость показали фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава марки ВК8.

Оптимальная геометрия фрез характеризуется следующими углами при фрезеровании стали X25CH3Д без корок:

$$\alpha_1 = 10^\circ; \alpha = 10^\circ - 12^\circ; \gamma = 0^\circ; \lambda = 0^\circ - 5^\circ; \gamma_{\text{ф}} = -5^\circ;$$

$$f = (1,4 - 1,6) s_z; \varphi = 60^\circ; \varphi_1 = 10^\circ.$$

В качестве критерия затупления принят износ по задней грани  $h_3 = 0,4 \text{ мм}$ , так как при дальнейшей работе фрезы происходит катастрофическое разрушение режущей кромки за счет постепенного выхода лунки на передней грани на режущую кромку, что вызывает резкое увеличение температуры и усилий резания.

При проведении стойкостных испытаний по определению сравнительной стойкости фрез с различными материалами режущей части было установлено, что при стойкости фрезы с ножами из ВК8, равной 30 мин (для износа по задней грани  $h_3 = 0,4$  мм), стойкость фрез с ножами из ВК6М составила 10 мин., из ВК4 — 5 мин., из ТТ7К12 — 1 мин., из Т5К10 — 1,5 мин.

Дальнейшие исследования проводились фрезами, оснащенными пластинами твердого сплава ВК8, являющегося оптимальным режущим материалом для фрезерования данных марок сталей.

Формула для подсчета скоростей резания при фрезеровании без корки стали Х25СНЗД имеет вид

$$V = \frac{193,5}{T^{0,527} \cdot t^{0,368} \cdot s_z^{0,635}} \frac{M}{\text{мин}} \left( \frac{B}{D} = 0,75 \right).$$

Наиболее рациональными диапазонами режимов резания являются

$$V = 30 \div 47 \frac{M}{\text{мин}}; \quad s_z = 0,078 \div 0,2 \frac{MM}{\text{зуб}},$$

что соответствует 360—180 мин стойкости фрез. При увеличении подачи на зуб свыше  $0,2 \frac{MM}{\text{зуб}}$  стойкость фрез резко падает. Достаточно сказать, что при работе на скорости резания  $V = 30$  м/мин

изменение подачи на зуб с  $0,2$  мм/зуб до  $0,254$  мм/зуб вызывает уменьшение стойкости примерно в 5—6 раз.

Такое резкое уменьшение стойкости можно объяснить, вероятно, недостаточной механической прочностью режущей кромки ножа фрезы при некоторой максимальной величине подачи („ломающей“ подачи).

При работе по корке по стали Х25СНЗД наиболее целесообразный режим резания можно охарактеризовать следующими величинами:  $v = 15 \div 30$  м/мин;  $S_z = 0,078 \div 0,2$  мм/зуб, а формула для подсчета скорости резания имеет следующий вид: (для  $\frac{B}{D} = \frac{150}{200} = 0,75$ ):

$$V = \frac{180}{T^{0,5} \cdot t^{0,35} \cdot s_z^{0,44}} \frac{M}{\text{мин}}.$$

Значительно меньший уровень скоростей резания при работе по корке объясняется возрастающей ролью абразивного износа за счет твердых частиц корки.

Однако и в этом случае геометрия инструмента мало отличается от геометрии инструмента, применяемой для обработки сталей без корки.

Значения углов для данного случая следующие:

$$\alpha = \alpha_1 = \varphi_1 = 10^\circ; \quad \varphi = 60^\circ; \quad \gamma = 0^\circ; \quad \lambda = +10^\circ; \quad \gamma_\Phi = -5^\circ;$$

$$f = (1,4 - 1,6) s_z.$$

Наряду с разработкой режимов резания было проведено несколько сравнительных испытаний по определению влияния величины смещения оси фрезы относительно оси заготовки  $-\frac{k}{D}$ ,

где  $k$  — величина выхода зуба фрезы за боковую сторону заготовки;  $D$  — диаметр фрезы в мм.

При работе без корки со смещением  $\frac{k}{D} = 0,05$  было получено двухкратное увеличение стойкости фрезы по сравнению с симметричным расположением осей фрезы и заготовки.

При исследовании смещения при работе по корке увеличения стойкости практически не отмечено.

Аналогичная работа по определению обрабатываемости была проведена и по стали ЭИ 316.

Установлено, что оптимальное значение углов фрез при работе по этой стали без корки имеет следующие значения:

$$\varphi_1 = 10^\circ; \varphi = 60^\circ; \alpha = 15^\circ; \gamma = 0^\circ; \gamma_f = -5^\circ; f = (1,4 - 1,6) s_z; \\ \lambda = +20^\circ.$$

Оптимальная марка твердого сплава — ВК8.

Уровень скоростей резания и подач, соответствующий 180—260-минутной стойкости:

$$V = 17 \div 20 \text{ м/мин}; s_z = 0,08 \div 0,155 \text{ мм/зуб.}$$

### Выводы

1. При торцевом фрезеровании жаропрочных сталей Х25СНЗД и ЭИ 316 целесообразно применять твердосплавные фрезы, оснащенные пластинками твердого сплава ВК8.

2. Уровень наиболее целесообразных скоростей резания и подач при обработке стали Х25СНЗД без корки  $V = 30 \div 47 \text{ м/мин}$ ;  $s_z = 0,078 \div 0,2 \text{ мм/зуб}$ ; с коркой  $V = 15 \div 30 \text{ м/мин}$ ;  $s_z = 0,078 \div 0,2 \text{ мм/зуб}$ .

3. Уровень скоростей резания и подач при обработке стали ЭИ 316 без корки следующий:

$$V = 17 \div 20 \text{ м/мин}; s_z = 0,08 \div 0,155 \text{ мм/зуб.}$$

4. Критерий затупления фрез — износ по задней грани до величины 0,35—0,4 мм.