

М. В. КАСЬЯН, Р. Е. БОЯДЖЯН

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РЕЗАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВОГО ТИПА РЕЗЦОВ КБ-1

Как известно, степень участия инструмента в теплообмене в процессе резания зависит от поверхности восприятия тепла, свойств материала инструмента и объема рабочих участков, участвующих в теплообмене. С другой стороны, стоимость инструмента, отнесенного к одной минуте эффективного резания, заметным образом зависит от числа переточек, допускаемых конструкцией резца, и стоимости каждой переточки. Стремление удовлетворить этим требованиям и, кроме того, создать инструмент, способный производительно работать с высокими скоростями резания с использованием больших подач и сохранением требований, предъявляемых к поверхности по шероховатости, привело к созданию нового типа резца, названного нами КБ-1. Принципиальная схема такого резца приведена на рис. 1.

В данной статье приведены лишь показатели работоспособности этого резца при обработке металлов с различными физико-механическими свойствами. Но предварительно мы сочли необходимым привести параметры среза. Для этого прежде всего отметим, что при резании та часть металла, которая должна перейти в стружку, срезается резцом двумя потоками, не равными по сечению между собой. Так, например, ширина стружки, срезаемой главной режущей кромкой b (рис. 1), равна:

$$b_s = \frac{X}{\cos \lambda}.$$

Для определения величины x на рис. 1а приведено построение, дающее возможность записать следующие связи: при $\alpha = 90^\circ + \varphi^*$

$$\frac{D^2}{4} = \frac{d^2}{4} + X^2 - 2x \frac{d}{2} \cdot \cos \alpha;$$

после преобразования уравнение примет следующий вид:

$$X = -\frac{d}{2} \sin \varphi + \sqrt{\frac{d^2}{4} \sin^2 \varphi - t^2 + Dt}.$$

Используя это выражение, получаем общий вид связи ширины среза с диаметром обрабатываемой поверхности D , глубиной резания t и углом наклона λ_s и в плане φ :

* Углы с индексом 1 относятся к первой режущей кромке, а с индексом 2—ко второй

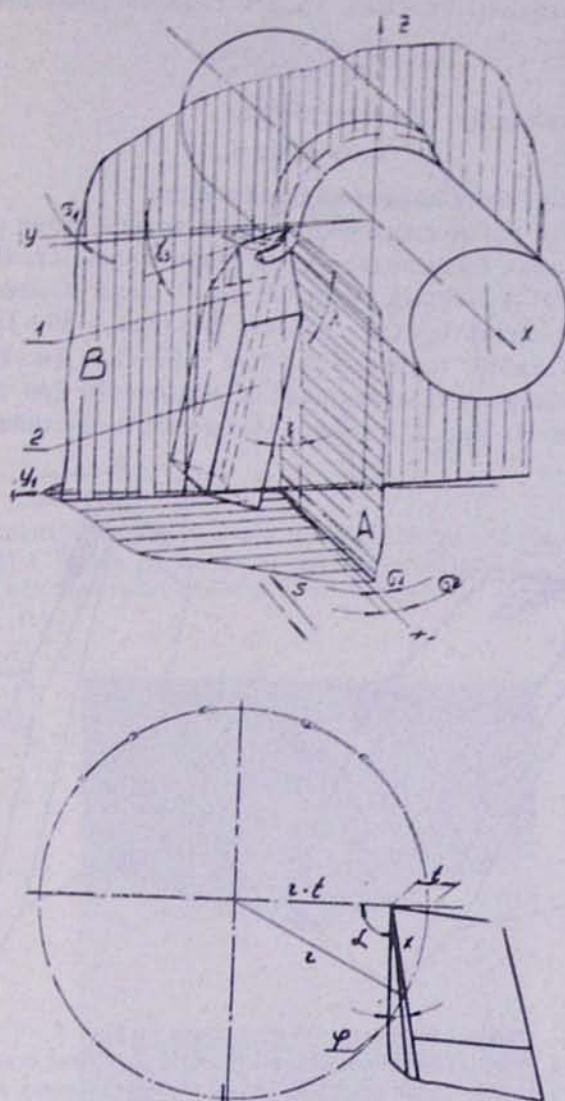


Рис. 1. Принципиальная схема работы резца КВ-1.

$$b_8 = \frac{-\frac{d}{2} \sin \varphi_8 + \sqrt{\frac{d^2}{2} \sin^2 \varphi_8 - t^2 + Dt}}{\cos \lambda}.$$

Вторая режущая кромка, выполняющая роль «чистильщика», снимает свою долю среза, величина которой по тому же параметру, а именно, ширине, может быть определена из выражения

$$b_1 = b \frac{\varphi_1}{\varphi} + \frac{S}{\cos \lambda_2}.$$

Что касается толщины стружки, то для главной режущей кромки она составляет:

$$a_s = S \sin \varphi,$$

а для вспомогательной — соответственно:

$$a_1 = S \cdot \sin \varphi_1,$$

где S означает величину подачи на один оборот.

Для изучения работоспособности данного типа резца обработке при различных режимах были подвергнуты стали марок: ст. 45, ст. 40Х, титановый сплав ОТ-4 и серый чугун СЧ 21-40. Зоны параметров режимного поля были приняты: для скорости резания — $30 \div 180$ м/мин, подачи — $0,5 \div 1,0$ мм/об, глубины резания $0,25 \div 1,5$ мм. Изучались топография и интенсивность изнашивания инструмента при различных вариантах резания. На рис. 2, 3 и 4 показаны схемы, поясняющие топогра-

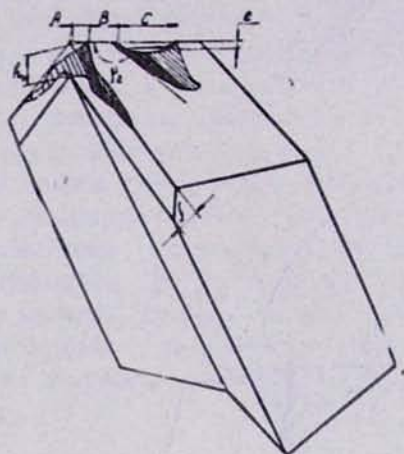


Рис. 2.

Рис. 2. Схема топографии износа резца КБ-1 при обработке стали. А — радиальный износ, hr — износ по задней грани, С — длина лунки вдоль схода стружки, е — глубина лунки на передней грани.

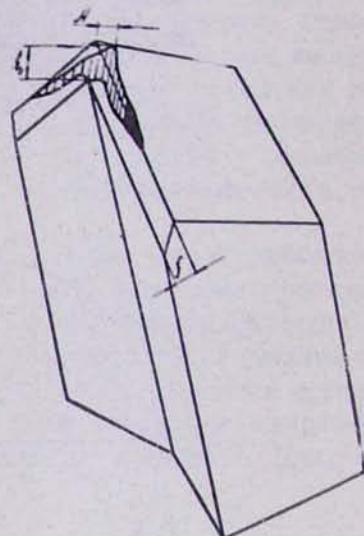


Рис. 3.

Рис. 3. Схема топографии износа резца КБ-1 при обработке чугуна. Обозначения те же, что и на рис. 2.

фические особенности изнашивания, а на рис. 5, 6 и 7 приведены фотографии изношенных участков инструмента при обработке различных материалов в различных стадиях.

Весь экспериментальный материал представлен в виде графиков, характеризующих связь стойкости и скорости резания, причем критерием износа был принят износ по главной задней грани $hr=0,6$ мм или радиальный износ hr , поскольку для данного резца независимо от рода обрабатываемого металла существует устойчивая связь

$$hr = u \cdot h_z.$$

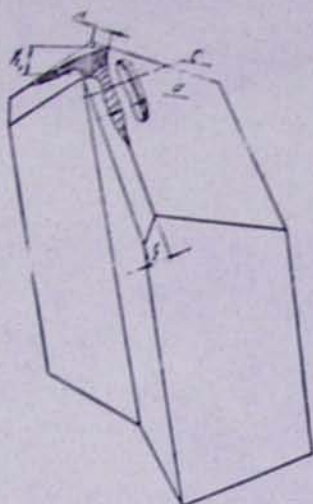


Рис. 4. Схема топографии износа резца КБ-1 при обработке титанового сплава ОТ-4. Кроме износа по задней грани, образуются продолговатые лунки на передней грани шириной a , на расстоянии d от режущей кромки.

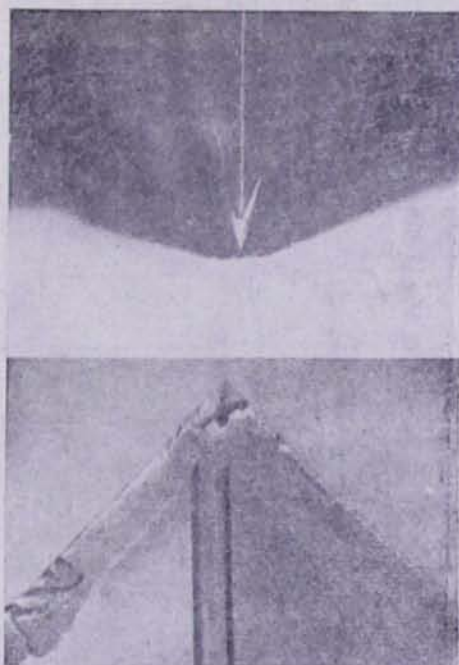


Рис. 5. Фотография двух видов изношенных в определенной степени резцов после обработки стали 45 в течение 33 мин со скоростью 150 м/мин.

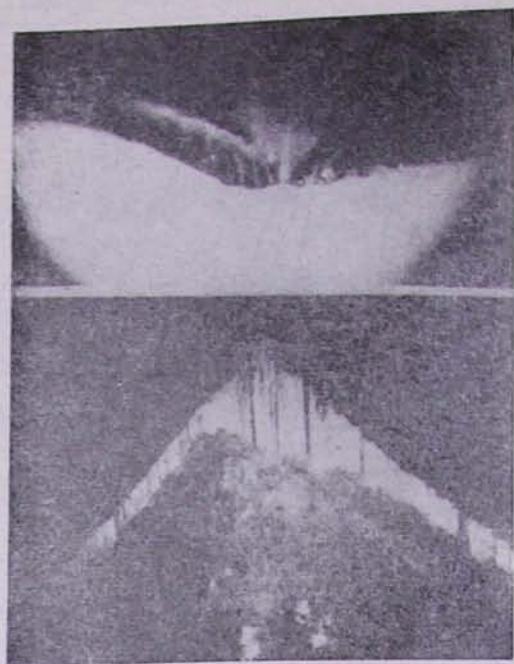


Рис. 6. Фотографии двух видов изношенных резцов после обработки чугуна СЧ-21-40 со скоростью резания 160 м/мин.

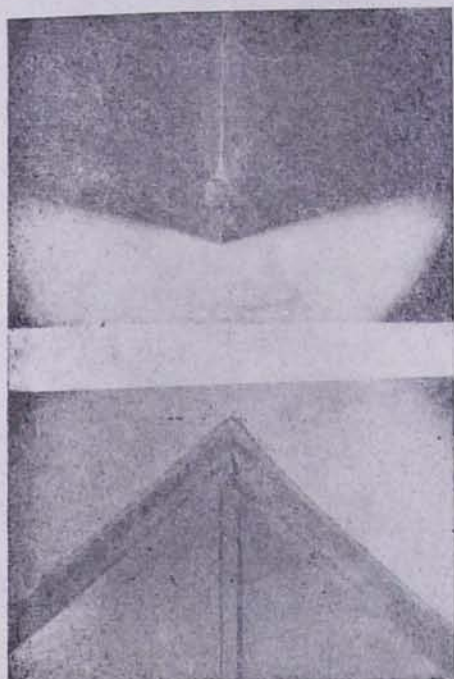


Рис. 7. Фотографии двух видов износа резца, армированного сплавом Т15К6, после двадцати проходов с подачей 1,2 мм/об. Хорошо видно ребро, делящее стружку на два потолка.

На рис. 8 изображена зависимость $T-V$ при подаче $S=0,68$ мм/об и глубине $t=1,0$ мм. Здесь наглядно видно, что исследуемый инструмент отличается от обычных резцов тем, что при его использовании, независимо от обрабатываемых металлов, конечно, в пределах использованных, характеристики кривых почти одинаковы, а при обработке титанового сплава ОТ-4 с подачей $S=0,2$ мм/об и глубиной резания $t=1,0$ мм

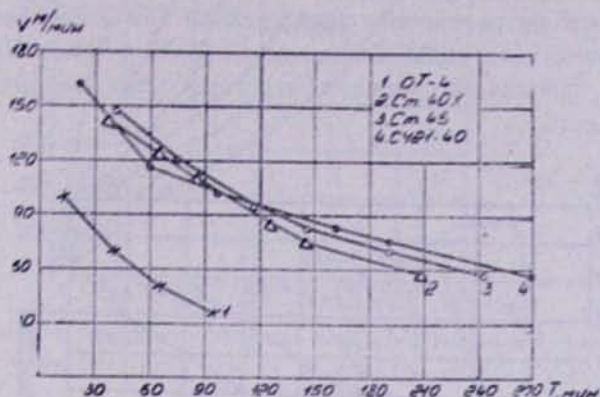


Рис. 8. Зависимость $T-V$ при обработке сталей, сплава и чугуна с одинаковыми значениями подачи и глубины резания. Резец КБ-1.

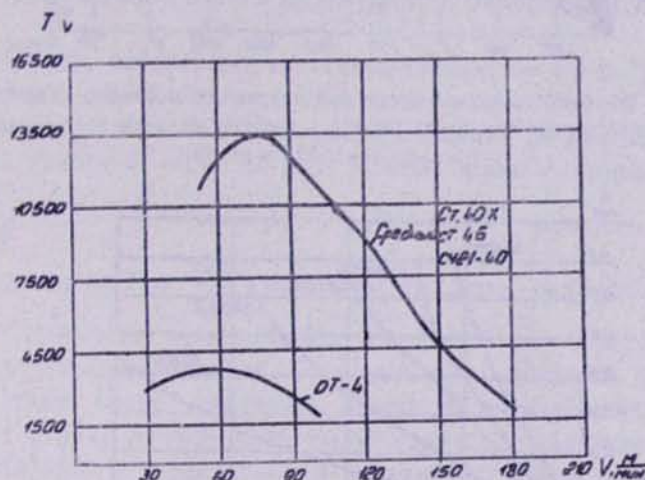


Рис. 9. Зависимость $TV-V$, верхняя для усредненных значений обработки сталей и чугуна, нижняя для титанового сплава ОТ-4.

угол наклона касательной к кривой $T-V$ с осью стойкости остается примерно таким же, как и при обработке остальных металлов. Что же касается отрезка, отсекаемого на оси скорости резания, то величина его почти в два раза меньше, чем для остальных подопытных металлов, использованных нами. Если построить график (рис. 9) зависимости $TV-V$ для титанового сплава ОТ-4 и остальных сталей и чугуна, то в обоих случаях характер этих кривых оказывается почти одинаковым, а

также одинаковым при использовании обычных резцов. Это говорит о том, что закономерности, протекающие в процессе резания, остаются при использовании нового типа резца такими же.

На рис. 10—12 приведены графики, отражающие характер изнашивания по задней грани во времени при различных скоростях резания, подачах и глубинах резания. Конечно, для большей ясности желательно выявить картину интенсивности изнашивания при использовании нового резца, армированного сплавами марки Т15К6 и ВК8. Интенсивности изнашивания при использовании соответствующих параметров режимного поля, то есть

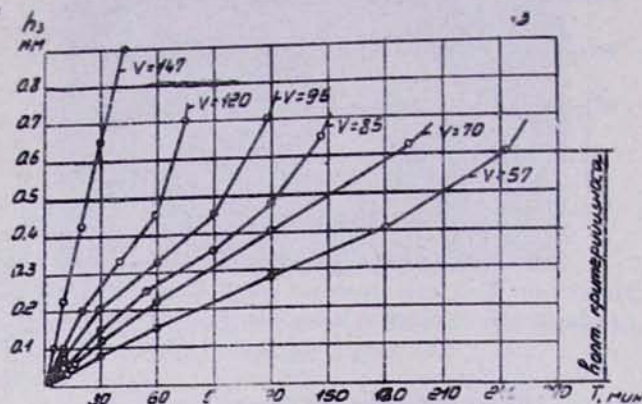


Рис. 10. Зависимость износ—время при различных значениях скоростей резания и постоянных значениях подачи и глубины резания. Обрабатываемые металлы — ст. 40X и ст. 45.

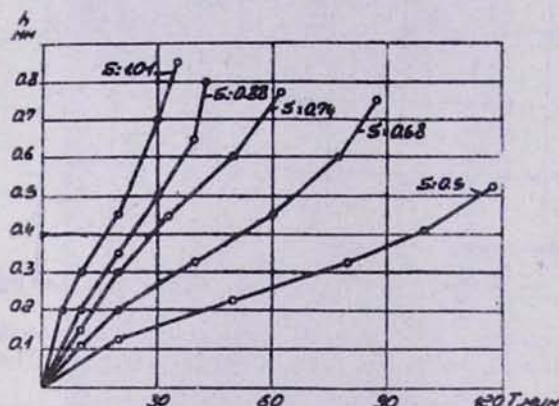


Рис. 11. Зависимость износ—время при различных значениях подачи и постоянных значениях скорости резания и глубины резания при обработке ст. 40X и ст. 45.

$$\frac{dh_3}{dT} = f(V), \quad \frac{dh_3}{dT} = f(S), \quad \frac{dh_3}{dT} = f(t),$$

определенные на различных участках системы износ—время, показали, что период «приработки» при использовании новых резцов доведен до

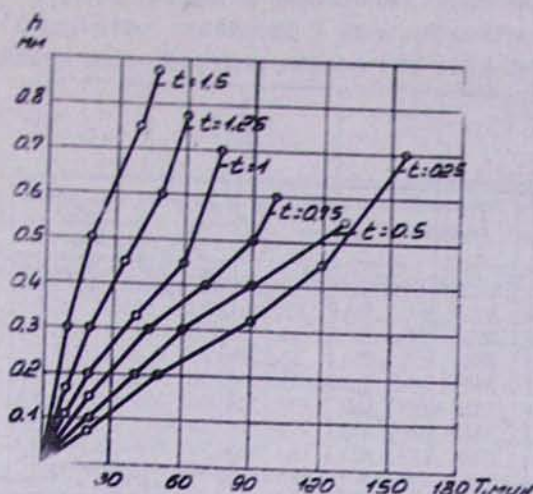


Рис. 12. Зависимость износа—время при различных значениях глубины резания и постоянных значениях подачи и скорости резания при обработке ст. 40X и ст. 45.

минимума. Вместе с тем, построенные графики (рис. 13) показывают, что при переходе определенных зон параметров режимного поля наступление катастрофического износа происходит с различными интенсивностями.

Так, например, интенсивность изнашивания, по мере увеличения скорости резания, с 8 мкм/мин при скорости резания $V=120$ м/мин резко возрастает и при $V=150$ м/мин уже составляет 21 мкм/мин, то есть при критерии износа $h_z=0,6$ мм при $V=120$ м/мин — стойкость составит $T = \frac{600}{8-10} = 60-75$ мин, а при $V=150$ м/мин стойкость составит,

при том же критерии, $T = \frac{600}{20} = 30$ мин. По мере увеличения глубины

резания интенсивность изнашивания до $t=1,0$ мм составляет 7,5 мкм/мин, а при глубине резания $t=1,5$ мм интенсивность растет до 18 мкм/мин. Иначе влияет изменение подачи на интенсивность износа. Так, если при подаче $S=0,5-0,75$ мм/об среднее изнашивание составляет 8—10 мкм/мин, то с увеличением подачи до 1 мм/об интенсивность изнашивания составляет уже 16—23 мкм/мин. Таким образом, оптимальные значения параметров режимного поля при обработке ст. 40X, ст. 45 и чугуна СЧ-21-40 составляют примерно: $V=120$ м/мин, $S=0,5-0,75$ мм/об и $t=1,0$ мм.

Имея экспериментальные данные, полученные на основании принципа планирования эксперимента, и дополненные там, где это было нужно для сопоставительной проверки, данными, полученными на основе традиционного метода, мы можем построить модель уравнения скорости резания для резцов типа КБ-1, которое будет иметь вид:

$$T = GzV^Z \cdot S^X \cdot t^Y \text{ мин};$$

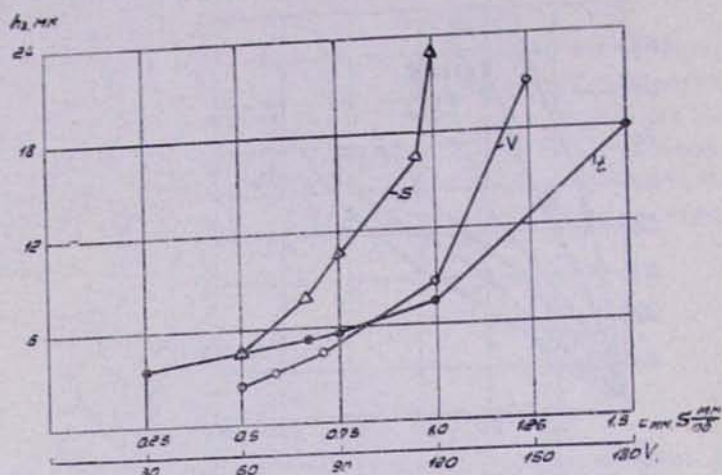


Рис 13. Зависимость интенсивности изнашивания от скорости резания (и также подачи и глубины резания) при обработке сталей.

конкретные значения показателей степени и коэффициента пропорциональности, выражающего влияние физико-механических свойств обрабатываемого металла на стойкость, приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Марка обрабатываемого металла	Значения			
		C_z	Z	X	Y
1	Сталь 40X	$2,1 \cdot 10^7$	-2,85	-1,7	-0,85
2	Сталь 45	$2,1 \cdot 10^7$	-2,85	-1,7	-0,85
3	СЧ21-40	$3,8 \cdot 10^7$	-3,0	-1,5	-0,75
4	ОТ-4	$6,5 \cdot 10^6$	-4,0	-2,72	-1,28

Если же к решению задачи определения оптимальных режимов резания подойти с точки зрения использования оптимальной, для данных условий, стойкости, то учитывая, что такая стойкость для принятого типа резца составит 45—70 мин, экономическая скорость резания определяется из выражения:

$$V_z = \frac{C_v}{S^{X_v} \cdot f^{Y_v}} \text{ м/мин.}$$

Конкретные значения показателей и коэффициента можно определить из данных, приведенных в табл. 2.

Выбор оптимальных значений параметров режимов резания не может базироваться только лишь на стойкости, приводящей к наименьшей стоимости обработки. В нашем случае в основу такого выбора могут быть положены весьма эффективные показатели, в основном режущий

инструмент — деталь, твердость полученных стружек, степень шероховатости и др. Отмеченное приведено в виде табличных данных (табл. 2), причем в таблице сосредоточены показатели деформации.

Таблица 2

№	Режимы резания						Продольная		Микротв		Микротв	
	Ст 40X			ОТ-4			усадка		поверх		стружка	
	V_m	$S_{m\text{max}}$	f_{max}	V_m	$S_{m\text{max}}$	f_{max}	Ст 40X	ОТ-4	Ст 40X	ОТ-4	Ст 40X	ОТ-4
1	57	40	0,25	30	0,5	0,25	24	140	312	318	450	417
2	57	0,5	0,61	30	0,2	0,61	22	127	310	282	430	403
3	57	0,65	1,5	30	0,32	1,5	1,9	122	315	282	435	412
4	92,5	0,5	0,25	92,5	0,2	0,25	23	187	282	281	437	426
5	92,5	0,35	0,61	92,5	0,32	0,61	1,85	120	275	275	436	432
6	92,5	1,0	1,5	92,5	0,5	1,5	1,82	105	300	321	453	439
7	150	0,65	0,25	150	0,32	0,25	1,85	115	289	285	403	428
8	150	1,0	0,61	150	0,5	0,61	1,67	115	271	305	411	414
9	150	0,5	1,5	150	0,2	1,5	1,60	125	265	282	408	428

Исходные твердости обрабатываемых металлов составляют: для ст. 40X—219 кг/мм², титанового сплава ОТ-4—276 кг/мм², микротвердость обработанной поверхности подвержена не очень большим колебаниям в зависимости от режимов резания. В частности, это колебание составляет для стали 40X 265÷300 кг/мм², а колебание коэффициента упрочнения 1,22÷1,35. Для сплава ОТ-4 эти данные соответственно составляют 281÷321 и 1,018÷1,08 кг/мм², то есть и степень упрочнения у последнего сплава на 20% ниже.

Сравним изменение микротвердости поверхности и микротвердости стружки во всем диапазоне использованных режимов резания. Для стали 40X предел колебания микротвердости стружки составляет 403÷450 кг/мм², коэффициент упрочнения—1,47÷1,60, отношение микротвердостей стружки и микротвердости поверхности — $\frac{403+450}{265+300} = 1,58$, а отношение коэффициентов упрочнения— $\frac{1,47+1,60}{1,22+1,35} = 1,2$. Для титанового сплава указанной выше марки мы будем иметь: колебание микротвердости стружки 403÷439, коэффициент упрочнения 1,46÷1,56, отношение микротвердостей стружки и поверхности $\frac{403+439}{281+321} = 1,46$, а отношение коэффициентов упрочнения $\frac{1,46+1,56}{1,018+1,08} = 1,44$. Из приведенных данных видно, что общая степень упрочнения обработанной поверхности для стали 40X выше, чем степень упрочнения титанового сплава.

В табл. 3 собраны данные, связанные с температурой контакта, степенью шероховатости и глубиной распространения деформации за линию среза.

Данные, приведенные в таблице, убедительно говорят о том, что, если температура, возникающая на поверхности контакта резец—де-

Таблица 3

№ п.п.	Режим резания						Температура изв. конт. з		Средняя температура обработки		Удлинение поверхности обработки	
	Ст 40X			От-6			Ст 40X	От-6	Ст 40X	От-6	Ст 40X	От-6
	V _{рез} , м/мин	S _{рез} , мм	f _{рез} , мм/з	V _{рез} , м/мин	S _{рез} , мм	f _{рез} , мм/з						
1	51	10	0,25	30	0,5	0,25	535	420	25	0,45	0,26	0,28
2	51	0,5	0,61	30	0,2	0,61	500	295	18	0,33	0,27	0,20
3	51	0,85	1,5	30	0,32	1,5	535	440	1,62	0,35	0,20	0,22
4	92,5	0,5	0,25	55	0,2	0,25	598	465	1,27	0,23	0,10	0,13
5	92,5	0,85	0,51	55	0,32	0,51	656	415	1,25	0,22	0,22	0,19
6	92,5	1,0	1,5	55	0,5	1,5	668	736	2,15	0,34	0,25	0,26
7	150	0,85	0,25	100	0,32	0,25	704	756	1,05	0,18	0,15	0,13
8	150	1,0	0,61	100	0,5	0,61	723	650	1,3	0,21	0,21	0,23
9	150	0,5	1,5	100	0,2	1,5	720	746	1,25	0,17	0,14	0,15

таль, и глубина распространения деформации при резании стали 40X и титанового сплава ОТ-4 приближаются друг к другу, то показатели шероховатости, наоборот, резко разнятся, и, очевидно, это следует объяснить, в основном, малой степенью деформации, развиваемой при обработке титановых сплавов.

На основании приведенных данных можно отметить следующее:

а) Работоспособность резцов типа КБ-1 довольно высока, выше работоспособности обычных резцов;

б) Поскольку заточка резцов типа КБ-1 проще, а число переточек, допускаемых этим резцом, больше, чем у обычного резца, стоимость работы резца, отнесенной к одной минуте, у КБ-1 значительно ниже;

в) Большой интерес представляет топография износа резцов нового типа. Отмечается также разная характеристика изнашивания инструмента при обработке металлов различной характеристики.

Проведенные эксперименты говорят о том, что резцы КБ-1 могут быть использованы для обработки сплавов типа титановых, сталей и чугунов со сравнительно высокой скоростью резания, с крупными подачами и малыми значениями глубины резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Касьян, Н. А. Тер-Азарьев, Основы резания металлов, Ереван, 1957.
2. Ч. Хикс, Основные принципы планирования экспериментов, М., 1967.
3. Т. Н. Лоладзе, Износ режущего инструмента, М., 1968.
4. В. А. Кривоухов, А. Д. Чубаров, Обработка резанием титанового сплава, М., 1970.