

УДК 621.9.014

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР РЕЗАНИЯ

Праведников И.С.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа
e-mail: office@ugatu.su*

Аннотация. В данной статье представлены комплексные исследования, проведённые автором на трёх группах материалов на основе железа, никеля и титана, в результате которых определены: прочностные и пластические свойства при растяжении и сжатии образцов в зависимости от температуры испытания; внутреннее трение разноимённых образцов и его параметров в зависимости от температуры испытания; влияние скорости и подачи резания на износ и стойкость резцов.

Изучено поведение основных параметров деформации срезаемого слоя (высоты нароста, усадки и твёрдости стружки, ширины пятна контакта стружки, микротвёрдости прирезцовой стороны стружки) в функции от скорости и температуры резания. Выявлен ряд новых критических температур, величина которых не зависит от внешних и внутренних условий процесса резания, а определяется значением температур, при которых в процессе вторичной пластической деформации контактного слоя происходят полиморфные превращения. На основании научно установленного факта совпадения одной из критических температур резания с температурой полиморфных превращений предложен физический критерий оптимальности, температура полиморфного превращения θ_m , что позволило разработать способы определения оптимальной скорости резания (а.с. №679320, №673376, №766746), оптимальной термо-ЭДС (а.с. № 878419), имеющие высокую эффективность по времени и по затратам.

Ключевые слова: внутреннее трение, высота нароста, усадка и твёрдость стружки, микротвёрдость прирезцовой стороны стружки, критическая температура, структурно-фазовые или иные превращения, физический критерий оптимальности, температура полиморфного превращения

Теория критических температур резания металлов впервые была разработана проф. А.Н. Ерёминим [1] на примере обработки группы материалов на основе железа. Им было проведено комплексное исследование процесса стружкообразования, происходящего в процессе свободного и несвободного резания. В результате были представлены три экстремальные геометрические точки на кривых усадки и твёрдости стружки, предела прочности и относительного удлинения.

Вопрос о деформации стружки – основной и исходный вопрос в теории резания. Не зная закономерностей изменения деформации стружки в зависимости от скорости, подачи и глубины резания нельзя правильно объяснить закономерность изменения сил, действующих на инструмент, глубину и степень наклёпа обработанной поверхности, и целый ряд других явлений, связанных с процессом образования стружки. Установлено, что более 80 % работы этого процесса затрачивается на выделение тепла и, следовательно, от него зависит интенсивность и характер износа рабочих поверхностей любого режущего инструмента. Согласно данным

Н.Н. Зорева и М.Ф. Полетики [2] свойство обрабатываемого материала влияет на процесс стружкообразования как непосредственно, когда с увеличением сопротивления пластическому сдвигу в зоне стружкообразования уменьшается угол сдвига, так и косвенно, когда изменение угла действия вызывает изменение среднего коэффициента трения.

Предварительно автор провёл комплексные исследования на трёх группах материалов на основе железа, никеля и титана, в результате которых определил: прочностные и пластические свойства при растяжении и сжатии образцов в зависимости от температуры испытания, внутреннее трение разноимённых образцов и его параметров в зависимости от температуры испытания и влияние скорости и подачи резания на износ и стойкость резцов.

Опыты проводились в широком диапазоне скоростей резания на пластичных материалах (сплавах ХН77ТЮ, ВТ1-1 и стали 30ХГСА). В качестве режущего инструмента был выбран износостойкий сплав ВК60М, что позволило проводить эксперименты в области скоростей резания, редко встречающихся в практике обработки жаропрочных сплавов. При обработке сплава ВТ1-1 применялся сплав ВК6М, стали 30ХГСА – сплав Т15К6. Процесс стружкообразования изучался только при фасках износа $h_3 \leq 0,05$ мм. Замерялись: поперечная усадка стружки ξ_a , продольная усадка стружки ξ_l и усадка по ширине – ξ_b . Опыты проводились в условиях несвободного резания с постоянной, оптимальной для данной группы материалов, геометрией режущей части. Ширина пятна контакта стружки C измерялась после быстрого вывода инструмента из зоны резания на инструментальном микроскопе. Микротвёрдость прирезцовой стороны стружки H_3 , тела стружки H_2 измерялась на корнях стружек и продольных шлифах стружек.

Температура резания определялась методом естественной термопары. Возникшую в зоне резания термоэлектродвижущую силу (ТЭДС) регистрировали с помощью самописцев. Тарировка естественной термопары осуществлялась электроконтактным способом.

Экспериментальные исследования взаимосвязи явлений, сопровождающих процесс резания разных групп материалов

1. Обработка материалов на основе железа

Независимость критических температур по отношению к марке инструментальных сплавов, подаче, глубине, температуре естественного и искусственного подогрева зоны стружкообразования, как и само существование этих температур, по всей вероятности, вытекает из физической природы пластической деформации металлов. Известно [3], что наиболее резкое изменение пластических свойств и твёрдости обрабатываемых материалов и сплавов происходит при критических температурах полиморфных превращений $\theta_{\text{мп}}$.

Процесс стружкообразования, являясь наиболее изученным процессом, чаще всего рассматривался вне связи с износом режущего инструмента, с выбором оптимальных условий, в пределах которых наблюдается минимум интенсивности его износа $h_{ос}$.

Все это заставило автора расширить диапазон исследований по скорости резания (температуре), но применительно к легированной стали 30ХГСА. Были охвачены скорости резания V от 20 до 500 м/мин. Обработка велась резцом Т15К6 ($\gamma = 5^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, $S = 0,09$ мм/об; $t = 0,5$ мм). Использовались круглые заготовки ($\varnothing 150$ мм и $l = 500$ мм) в состояниях НВ = 180 и НВ = 280. Из этих заготовок были изготовлены образцы для определения физико-механических свойств и параметров внутреннего трения.

Полученные результаты исследований представлены на рис. 1.

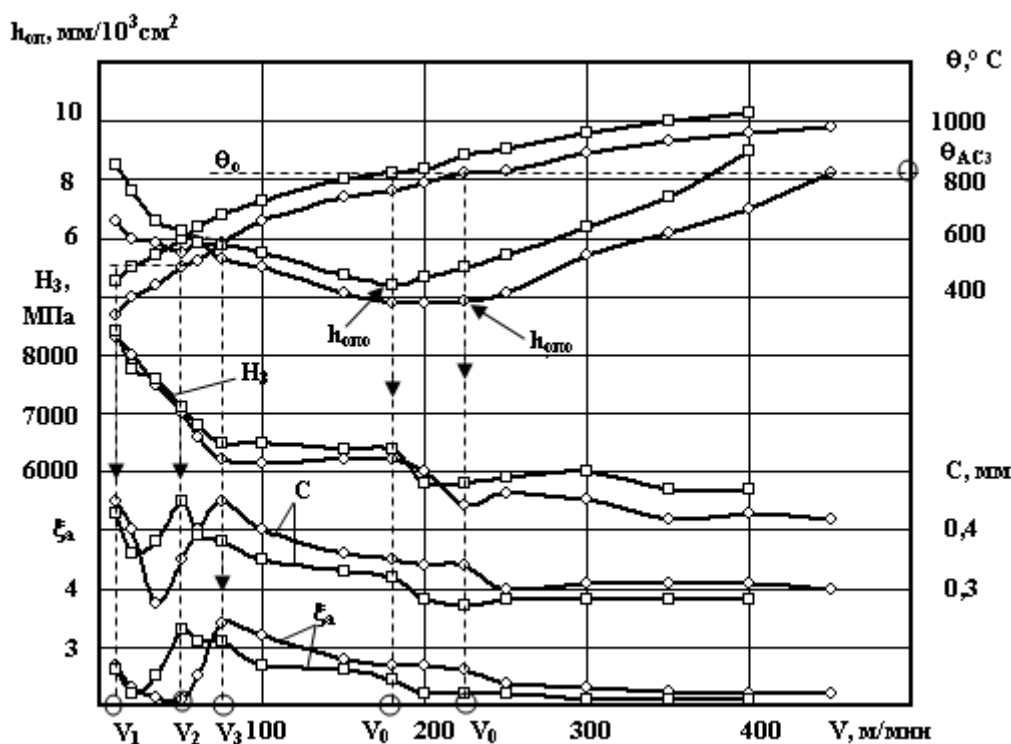


Рис. 1. Влияние скорости резания на параметры стружкообразования, обрабатываемости и температуру при точении стали 30ХГСА резцом Т15К6 ($S = 0,97$ мм/об; $t = 0,5$ мм): \circ – НВ180; \square – НВ280

Анализ показал, что в диапазоне скоростей резания от 10 до 150 м/мин характер зависимостей усадки стружки ξ_a и ширины пятна контакта стружки C от скорости резания соответствует определенным фазам изменения типичной кривой, полученной А.Н. Ерёминым. Интенсивность износа режущего инструмента ($h_{оп}$) в этом диапазоне скоростей резания монотонно снижается. При дальнейшем

увеличении скорости резания появились аномалии на кривых ξ_a и C на определенных скоростях, которые зависят от исходной твердости. Как видно (см. рис.1), после небольшой стабилизации зависимостей $\xi_a(V)$ и $C(V)$ происходит резкое изменение усадки стружки и ширины пятна контакта. Наиболее заметный перепад для пластичного состояния стали 30ХГСА (НВ180) наблюдается на кривой $C(V)$. Например, на $V = 200$ м/мин ($\theta = 800$ °С) – $C = 0,35$, а на $V = 250$ м/мин ($\theta = 840$ °С) – $C = 0,3$. Для стали 30ХГСА (НВ280) на $V = 160$ м/мин ($\theta = 790$ °С) – $C = 0,32$, а на $V = 200$ м/мин ($\theta = 830$ °С) – $C = 0,26$. По всей вероятности, в контактном слое произошли какие-то качественные изменения, которые и привели к столь резкому изменению указанных характеристик. Температурный анализ зоны резания показал, что аномалия проявляется при постоянной для каждого состояния средней температуре контакта $\theta = 835 \pm 5$ °С и в широком диапазоне скоростей резания от 160 до 250 м/мин. Интенсивность износа резцов при этой температуре приобретает своё минимальное значение $h_{оп}$ для каждого состояния.

На рис. 2 представлены температурные кривые характеристик пластичности, внутреннего трения, стружкообразования и интенсивности износа для стали 30ХГСА, которые показывают, что в диапазоне температур от 20 до 200 °С наблюдается максимальное значение коэффициента внутреннего трения $\mu_a = 0,75$, значение интенсивности износа сплава Т15К6 $h_{оп} = 8$ мкм/10³ см², относительное удлинение δ монотонно снижается.

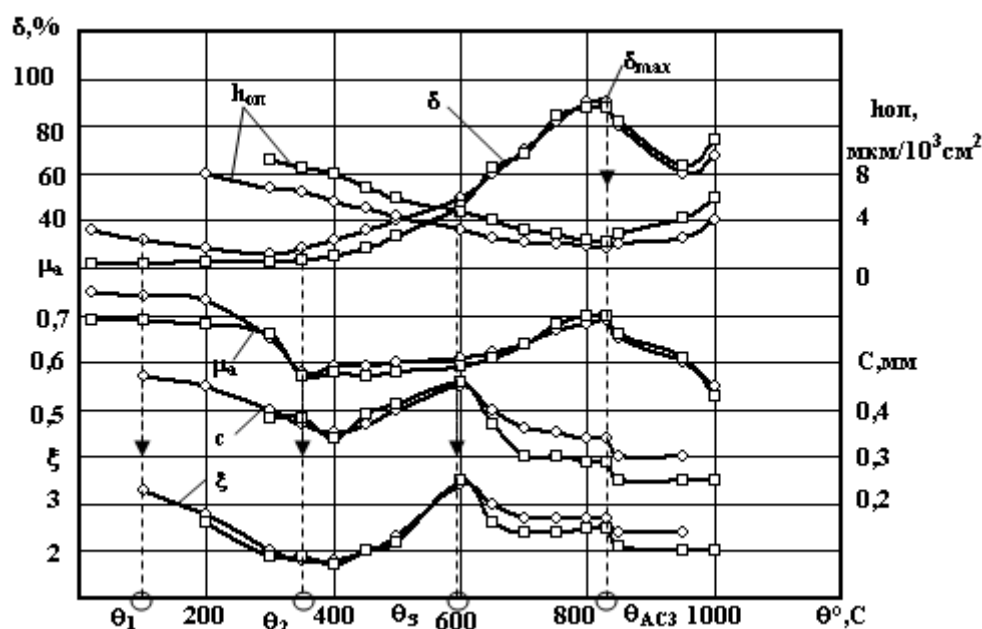


Рис. 2. Влияние температуры на параметры деформации срезаемого слоя, характеристики пластичности, внутреннего трения и обрабатываемости:

○ – НВ180; □ – НВ280

С температуры $\theta_1 = 100^\circ\text{C}$ до $\theta_2 = 360^\circ\text{C}$ наблюдается устойчивое увеличение нароста, что приводит к снижению усадки и ширины пятна контакта стружки. Исчезновение «пассивного нароста» происходит при температуре $\theta_3 = 590^\circ\text{C}$ и, как следствие этого, наблюдается максимальное для данной области температур значение усадки ($\xi_a = 3,4$) и ширины пятна контакта ($C = 0,44$) стружки. Этой температуре соответствует коэффициент внутреннего трения $\mu_a = 0,58$, а интенсивность износа $h_{оп}$ монотонно снижается. С $\theta_3 = 590^\circ\text{C}$ увеличивается относительное удлинение, уменьшается усадка, ширина пятна контакта стружки и интенсивность износа $h_{оп}$ вплоть до $\theta = 840^\circ\text{C}$, при которой пластичность стали достигает своей максимальной величины $\delta_{max} = 98\%$, а коэффициент внутреннего трения $\mu_a = 0,75$. Выше температуры 840°C происходит резкое уменьшение усадки стружки с 2,7 до 2,3, ширины пятна контакта с 0,35 мм до 0,3 мм и интенсивность износа достигает своего минимального значения $h_{оп0} = 3 \text{ мкм}/10^3 \text{ см}^2$. При проведении адгезионных исследований впервые наблюдался выброс мелких капель расплавленного металла из под вращающегося индентора, что позволило сделать заключение: в граничном контактном слое стружки произошло фазовое превращение α -железа в γ -железо (θ_{AC3}).

Таким образом, автором, впервые в мировой практике обработки сталей резанием, было найдено объяснение физического смысла оптимальной температуры резания, что было зафиксировано в 1979 г. а.с. № 673376 на «Способ определения оптимальной скорости резания».

Обработка резанием сталей 40ХНМА, 13ХН2В2МФ и нержавеющей стали 15Х18Н12С4ТЮ в диапазоне температур от 150 до 500°C сопровождается образованием нароста на передней поверхности, который искажает действительный характер изменения зависимостей $\xi(\theta)$ и $C(\theta)$.

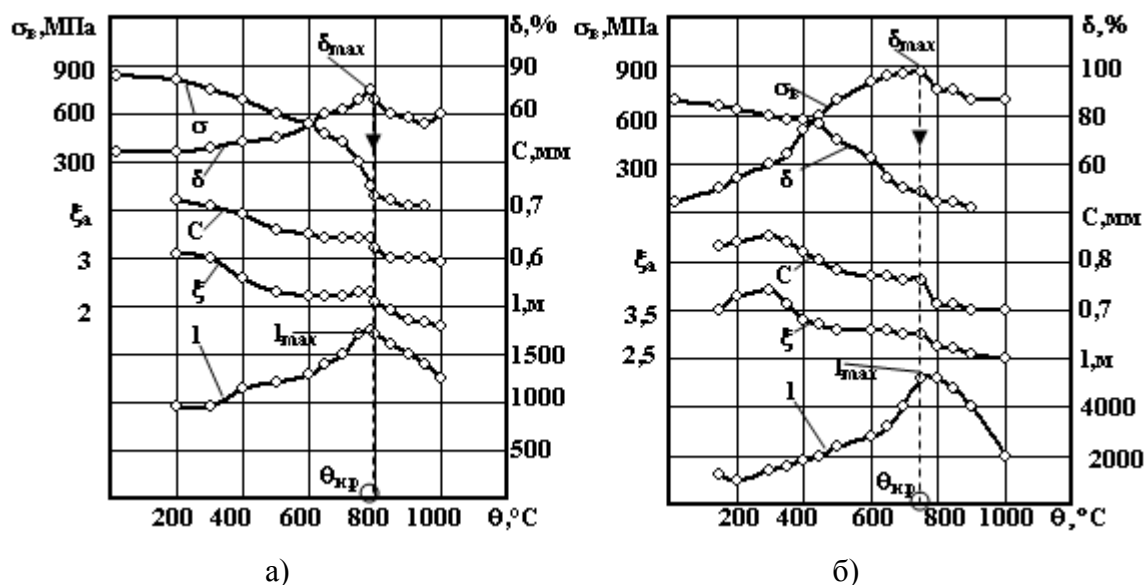


Рис.3. Температурные кривые характеристик пластичности и прочности, обрабатываемости и стружкообразования: а – 15Х18Н12С4ТЮ; б – 12Х18Н9Т

Как видно из рис. 3, при обработке сталей 15X18H12C4ТЮ и 12X18H9Т критическая точка начала рекристаллизации $\theta_{н.р.}$ соответствует максимуму на кривой $\delta(\theta)$ второму максимуму на кривой $H_3(\theta)$ и точке излома на кривых $\xi(\theta)$ и $C(\theta)$. При обработке других сталей значения критических температур резания и температур полиморфных превращений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сопоставление критических температур, соответствующих температурам полиморфных превращений сталей

Марка стали	Критич. температура резания θ_2'	Темпер. полиморф. превращ. θ_2	Оптимальная температура, θ_0	Критич. температура резания, $\theta_{АСЗ}'$	Темпер. полиморф. превращ. $\theta_{АСЗ}$	Ошибка $\Delta = \frac{\theta_0}{\theta_{АСЗ}}$ %
30ХГСА	350	310	840	820	830	1,5
40ХНМА	340	320	860	840	820	2,5
13Х11Н2В2МФ	480	420	780	760	810	3,8
15Х18Н12С4ТЮ	470	450	770	720	780	1,3

2. Обработка материалов на никелевой основе

Исследование процесса стружкообразования жаропрочных сплавов на никелевой основе проводилось на микрошлифах корней стружек и самой стружке. Одновременно с изучением процесса образования стружки велось измерение формы застойной зоны, высоты нароста, его геометрии, ширины пятна контакта, длины пути резания и средней температуры резания.

Опыты проводились на скоростях резания $V = 1-150$ м/мин, подаче $S = 0,1 - 0,3$ мм/об, глубине $t = 0,5 - 1$ мм, радиусе при вершине $R = 0,1$ мм цельным твёрдосплавным резцом из сплава ВК6ОМ ($\gamma = 0^\circ$, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, $\alpha = 8^\circ$).

На рис. 4 представлены результаты опытов по жаропрочному сплаву ХН77ТЮ. Нетрудно заметить, что зависимости усадки стружки и ширины пятна контакта $\xi_a(V)$, $C(V)$ носят сложный характер, с трудом объяснимый с общих позиций типичных кривых $\xi_a(V)$, $C(V)$, полученных А.Н. Ерёминим.

Как видно, сначала усадка и ширина пятна контакта стружки уменьшается от $\xi_a = 4,8$, $C = 0,65$ мм при $V_1 = 1$ м/мин, до $\xi_a = 3,1$ и $C = 0,53$ мм на скорости $V_2 = 17$ м/мин. Затем усадка и ширины пятна контакта возрастает до 3,25 и 0,62 мм на скорости $V_3 = 25$ м/мин. Зависимости $\xi_a(V)$ и $C(V)$ в диапазоне от V_1 до V_3 имеют типичный характер, одинаковый как для сталей, так и жаропрочных сталей и сплавов, а длина пути резания $l(V)$ носит сложный характер.

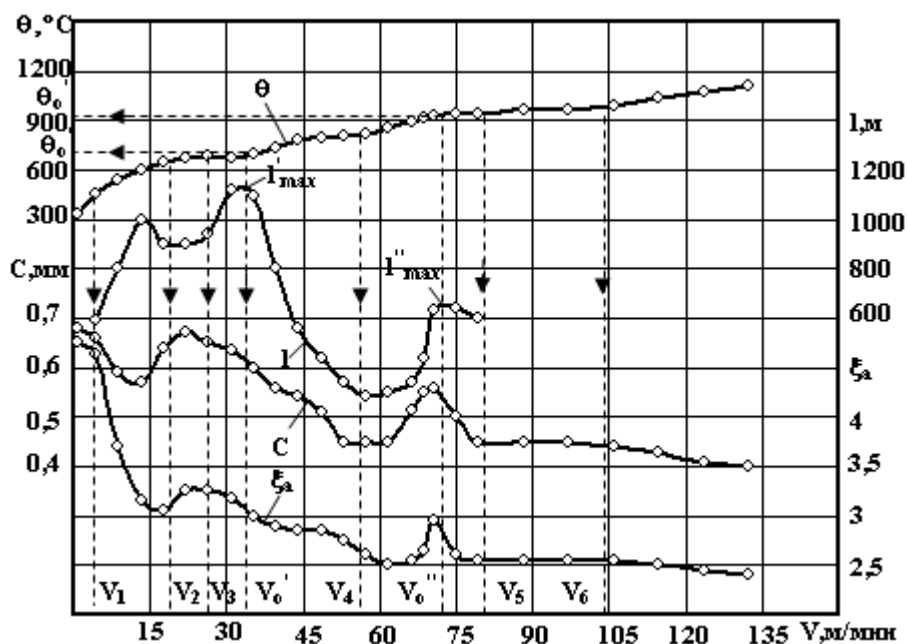


Рис.4. Влияние скорости резания на усадку и ширину пятна контакта стружки, длину пути резания и температуру при точении жаропрочного сплава ХН77ТЮ резцом ВК60М ($S = 0,11$ мм/об; $t = 0,5$ мм)

Диапазон от V_3 до V_4 по скорости резания характерен монотонным снижением усадки от 3 и до 2,5, ширины пятна контакта стружки от 0,53 мм до 0,48 мм, а длина пути резания при $\theta_0 = 690$ °С, достигнув своего максимального значения $l_{max} = 1150$ м, также монотонно снижается. Аналогичные данные были получены ранее проф. А.Д. Макаровым при обработке сплава ХН77ТЮ, но резцом ВК8 при $\theta_0 = 710$ °С. В чём физический смысл почти равных оптимальных температур резания? В диапазоне от V_4 до V_5 наблюдается резкое увеличение усадки от 2,5 до 3 и ширины пятна контакта стружки от 0,4 мм до 0,5 мм с последующим снижением с разной интенсивностью в шестом и седьмом диапазонах скоростей резания. Но как объяснить аномалию $\xi_a(V)$ и $C(V)$, когда на небольшом участке по скорости резания наблюдается резкое снижение усадки с последующим ее увеличением?

Чтобы вскрыть природу этих явлений, проведем анализ параметров деформации срезаемого слоя ξ и C , длины пути резания l , характеристики пластичности δ и удельного электросопротивления ρ для сплава ХН70ТЮ в зависимости от температуры контакта (испытания). Так, например, при средней температуре контакта на передней поверхности $\theta = 200$ °С, усадка стружки $\xi_a = 4,8$, ширина пятна контакта $C = 0,62$ мм, относительное удлинение $\delta = 30$ % а удельное электросопротивление $\rho = 95$ мком/см (рис. 5).

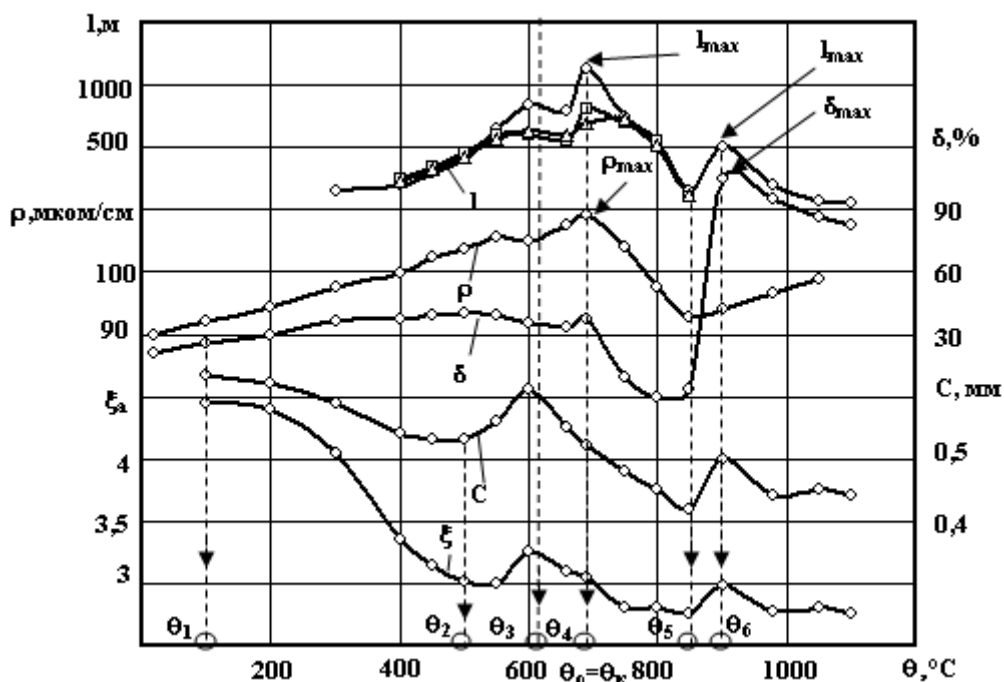


Рис.5. Температурные кривые характеристик пластичности и удельного электросопротивления, обрабатываемости и стружкообразования жаропрочного сплава ХН77ТЮ:

○ – $S = 0,11$ мм/об; □ – $S = 0,21$ мм/об; △ – $S = 0,3$ мм/об

По данным А.Д. Коротаева [4], начиная с температуры $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, в деформированном материале стружки начинает образовываться K -состояние, в основе которого лежит некоторый диффузионный процесс образования состава Ni_3Cr .

Проведенный эксперимент при $\theta = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ показал, что усадка стружки уменьшилась на 30 % и составила 3,25, в то время как ширина пятна контакта не изменилась. На длине пути резания $l(\theta)$ появился первый максимум $l'_{\max} = 750$ м, который зависит от выбранной подачи резания, относительное удлинение увеличилось с $\delta = 30\%$ до $\delta = 38\%$ и удельное электросопротивление с $\rho = 95$ мком/см до $\rho = 105$ мком/см. В диапазоне температур $600\text{...}690\text{ }^{\circ}\text{C}$ (θ_3 - θ_4) наблюдается скачкообразное изменение усадки стружки и ширины пятна контакта. Усадка резко падает от 3,3 до 3,0, а ширина пятна контакта от 0,62 мм до 0,51 мм. Удельное электросопротивление достигло своего максимального значения $\rho_{\max} = 110$ мком/см, длина пути резания также достигла своего максимального значения $l''_{\max} = 1150$ м, а показатель пластичности $\delta = 43\%$. С этого момента происходит активное разрушение K -состояния. В диапазоне температур от 690 до $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ (θ_4 - θ_5) наблюдается скачкообразное изменение усадки стружки и ширины пятна контакта. Усадка падает от 3 до 2,5, ширина пятна контакта от 0,52 мм до 0,42 мм, а удельное сопротивление снизилось до $\rho = 90$ мком/см. Таким образом, совпадение

оптимальной температуры $\theta_0 = 690$ °С на зависимости $l(\theta)$ с температурой начала разрушения K -состояния $\theta_k = 670$ °С позволило автору разработать способ определения оптимальной скорости резания (а.с. №679320) для группы жаропрочных сплавов на никелевой основе. Реализация этого способа на примере обработки сплавов ХН70ВМТЮ и ХН51ВМТЮВКР представлена на рис. 6.

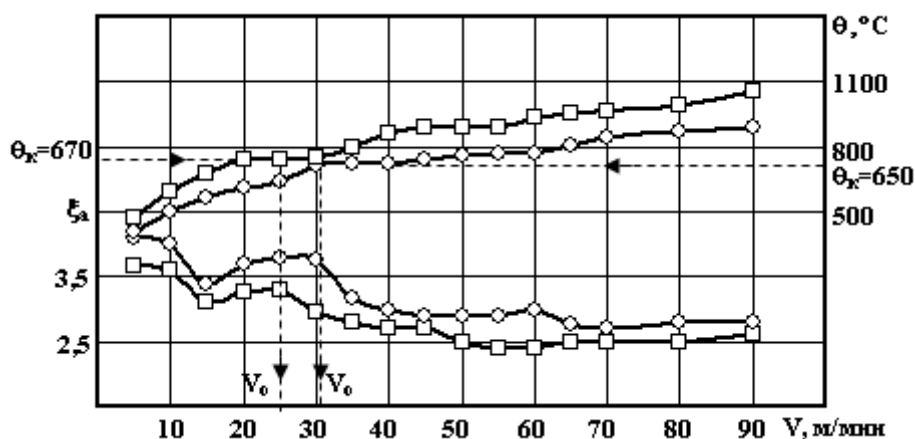


Рис. 6. Влияние скорости резания на усадку стружки и температуру резания при обработке жаропрочных сплавов резцом ВК6ОМ ($S = 0,11$ мм/об, $t = 0,5$ мм):

○ – ХН70ВМТЮ, □ – ХН51ВМТЮВКР

Как видно из рис. 6, для оперативного определения величины оптимальной скорости необходимо предварительно определить температуру резания для каждого сплава и любую величину параметра деформации срезаемого слоя (усадку стружки, ширину пятна контакта стружки или твёрдость стружки), которая реально покажет силовую нагрузку режущего инструмента во всём диапазоне скоростей резания. Для этого достаточно по результатам стандартных кратковременных испытаний образцов в виде проволоки из обрабатываемого сплава определить температуру (θ_k) максимального электросопротивления сплава (K -состояние). По температурам θ_k на графике зависимостей $\theta(V)$ определяют значение оптимальных скоростей резания V_0 для обоих сплавов. Например, для сплава ХН51ВМТЮВКР $\theta_k = 670$ °С, скорость $V_0 = 25$ м/мин, а для сплава ХН70ВМТЮ $\theta_k = 650$ °С, а $V_0 = 31$ м/мин.

Сопоставление критических, оптимальных температур, выявленных автором при изучении механических характеристик и параметров износостойкости процесса резания и пластического деформирования жаропрочных сплавов на никелевой основе, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сопоставление критических температур резания с температурами полиморфных превращений жаропрочных сплавов

Марка сплава	Крит. температура резания θ_k	Температура разрушения K -состояния θ_k	Оптим. температура θ_0	Крит. температура резания θ_s	Температура рекристаллизации $\theta_{н.р.}$	Ошибка $\Delta = \frac{\theta_0}{\Delta\theta_k}$ %
ХН77ТЮ	620	670	690	940	980	1,3
ХН70ВМТЮ	630	650	680	1050	1050	4,6
ХН73МБТЮ	635	640	675	1070	1140	5,7
ХН51ВМТЮВКР	660	670	660	1090	1160	1,5
ХН60В	630	630	920	930	970	6,3

3. Обработка материалов на основе титана

В качестве представителя титановой группы был выбран пластичный титановый сплав ВТ1-1, при резании которого подробно изучено напряженно-деформированное состояние элемента стружки в процессе его образования, усадка и ширина пятна контакта стружки и температура резания в зависимости от скорости резания (рис. 7).

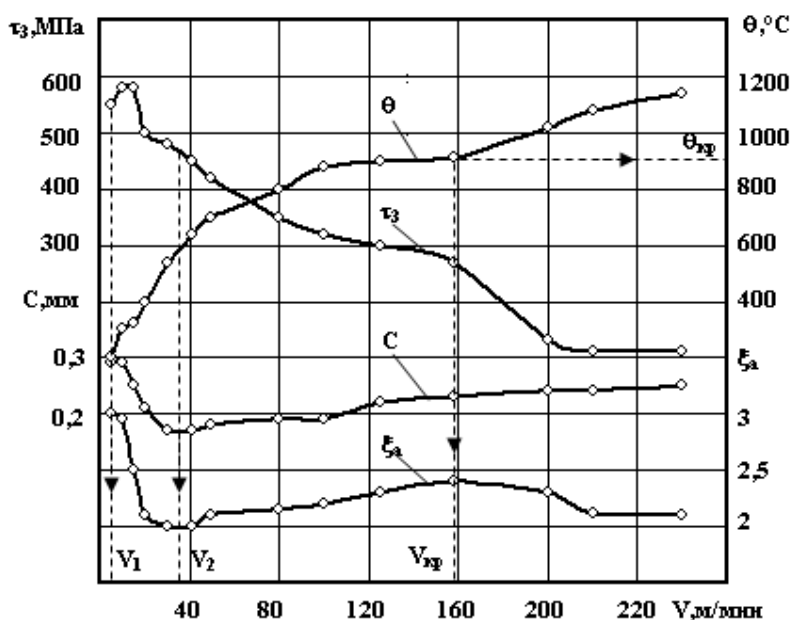


Рис.7. Влияние скорости резания на параметры стружкообразования и температуру при точении сплава ВТ1-1 резцом ВК6М ($S = 0,097$ мм/об, $t = 0,5$ мм)

Как показали исследования автора, нарост при резании титановых сплавов не является достаточно устойчивым и стабильным. Так, при резании сплава ВТ1-1

со скоростью 5 м/мин наряду с коэффициентом усадки равным 3,3 возможен коэффициент усадки равный 2,1, что отвечает условию резания при наличии развитого нароста. Дальнейшее увеличение скорости резания приводит к активному снижению усадки стружки, ширины пятна контакта, касательного напряжения τ_3 . На скорости 32 м/мин при средней температуре контакта $\theta = 520$ °С зафиксированы минимальные значения параметров деформации срезаемого слоя: усадка стружки 2,17; ширина пятна контакта 0,17 мм. С дальнейшим увеличением скорости резания от 32 м/мин до 160 м/мин зафиксировано незначительное повышение усадки стружки (от 2,17 до 2,3) и ширины пятна контакта (от 0,17 до 0,24 мм). Температура резания увеличилась от 520 до 860 °С. Как видно из рис. 7, на скоростной кривой $\theta(V)$ наблюдается минимум интенсивности изменения температуры резания. На скоростных кривых $\tau_3(V)$ и $C(V)$ имеет место излом, а на кривой $\xi(V)$ наблюдается второй максимум. Природа подобных явлений связана с протеканием полиморфных превращений в контактном слое стружки.

Изложенное позволяет высказать предположение, что физическое обоснование природы критических точек на скоростной кривой $\xi_c(V)$ может быть сделано при комплексном рассмотрении физико-механических свойств, параметров внутреннего трения и характеристик стружкообразования в зависимости от температуры резания (испытания) (рис. 8).

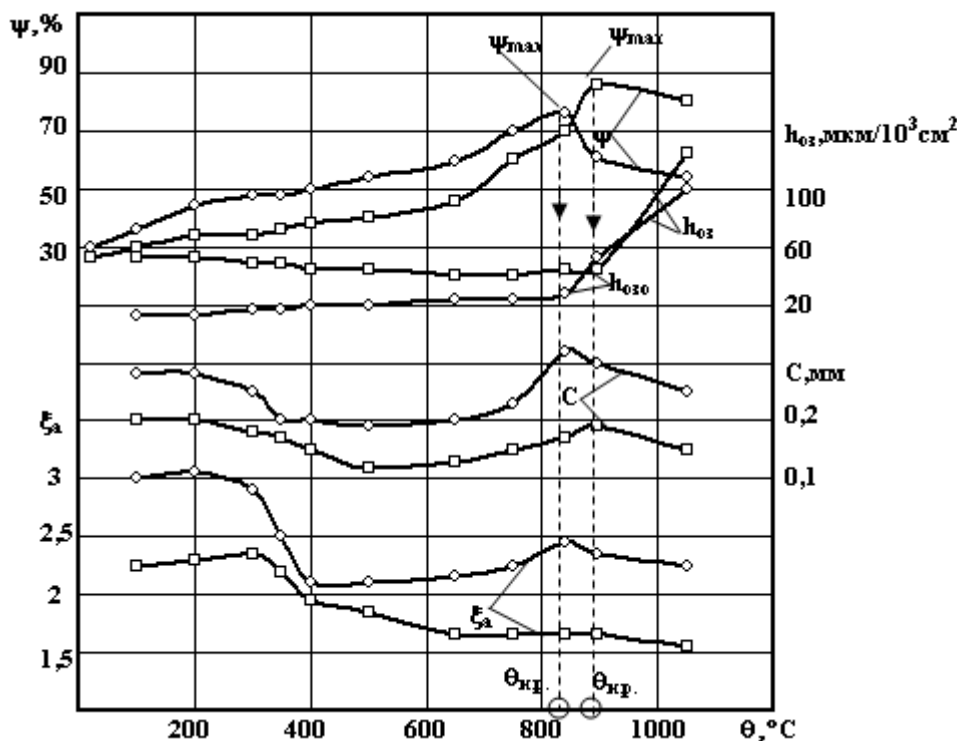


Рис.8. Температурные кривые параметров пластичности, прочности, обрабатываемости и стружкообразования титановых сплавов:

○ – VT1-1; □ – VT-5

В зависимости от степени легированности титановых сплавов положение точки θ_2 (минимум на кривых $\xi(\theta)$ и $C(\theta)$) зависит от температурного положения критической точки на кривой $\psi(\theta)$ и соответствует точке стабилизации (BT1-1 – $\theta_2 = 460$ °C) или точке минимума (BT5 – $\theta_2 = 650$ °C) (см. рис. 8). При дальнейшем увеличении температуры нагрева образцов наблюдается точка начала рекристаллизации титановых сплавов $\theta_{н.р.}$ и сопровождается максимальной пластичностью сплавов. Для сплава BT1-1 – $\theta_{н.р.} = 867$ °C, а для BT5 – $\theta_{н.р.} = 851$ °C.

Изучение зависимостей $\xi(\theta)$, $C(\theta)$ и $h_{ос}(\theta)$ в этом диапазоне температур также указывает на существование критической температуры $\theta_{оп.}$ Так при обработке титанового сплава BT1-1 максимум зависимостей $\xi(\theta)$ и $C(\theta)$ и минимум интенсивности износа $h_{ос}$ наблюдается при одной температуре $\theta_0 = 840$ °C. При обработке титанового сплава BT5 максимум на кривых $\xi(\theta)$, $C(\theta)$ и минимум на кривой $h_{ос}$ наблюдался на $\theta_0 = 890$ °C. Таким образом, на основании равенства оптимальной температуры резания и температуры начала рекристаллизации был разработан способ (а.с. № 766746), по которому по результатам стандартных испытаний образцов из обрабатываемого сплава определяют температуру начала рекристаллизации ($\theta_{н.р.}$). С помощью температурных испытаний находят зависимость температуры резания от скорости резания $\theta(V)$. По температуре ($\theta_{н.р.}$) на графике зависимости $\theta(V)$ определяют значение оптимальной скорости резания V_0 .

Значения критических температур, полученных автором при испытании титановых сплавов и при их обработке резанием, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сопоставление критических температур резания с температурами полиморфных превращений титановых сплавов

Марка сплава	Критич. темпер. резания, θ_2''	Темпер. полиморф. превращ. θ_2	Оптим. температура θ_0	Критич. темпер. резания, $\theta_{н.р.}''$	Температура начала рекристаллизации $\theta_{н.р.}'$	Ошибка $\Delta = \frac{\theta_0}{\theta_{н.р.}}$ %
BT1-1	520	550	820	840	867	3
BT5	410	600	835	890	851	4,5
BT3-1	420	570	870	850	881	3,5
BT9	480	530	820	810	820	0
BT22	500	460	780	805	845	8,9

Таким образом, для определенных групп авиационных материалов получено убедительное экспериментальное подтверждение равенства критических и оптимальных температур резания температурам полиморфных превращений.

Литература

1. Ерёмин А.Н. Физическая сущность процесса резания сталей. – Свердловск: Машгиз, 1951. – 226 с.
2. Зорев Н.Н. Исследование элементов механики процесса резания. – М.: Машгиз, 1956. – 368 с.
3. Григорович В.К. Твёрдость и микротвёрдость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
4. Кортаев А.Д. Исследование влияния ближнего порядка и *K*-состояния на физические и механические свойства некоторых никелевых сплавов. – В кн.: Исследования по жаропрочным сплавам. Том VIII. М.: изд-во Академии наук СССР, 1962. С. 137-143.

PHYSICAL NATURE OF CRITICAL TEMPERATURE CUTTING

I.S. Pravednikov

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

e-mail: office@ugatu.su

Abstract. *In the given article the complex researches conducted by the author on three groups of materials on a basis iron, nickel and the titan are presented, as a result which are advanced: strength' and plasticity's properties at a stretching and compression of samples depending on test temperature; an internal friction of heteronymic samples and its options depending on test' temperature; influence of speed and cutting giving on deterioration and firmness of cutters.*

The behavior of key options of deformation of a cut off layer (outgrowth height, shrinkage and hardness of a shaving, width of a stain of contact of a shaving, microhardness the shaving parties about the tool) in function from speed and temperature of cutting is studied. A number of the new critical temperatures which size does not depend on external and internal conditions of process of cutting is revealed, and advanced by significance of temperatures at which in the course of secondary plastic distortion a contact layer there are polymorphic transformations. On the basis of scientifically established fact of coincidence of one of critical temperatures of cutting with temperature of polymorphic transformations the physical optimality criterion, temperature of polymorphic transformation θ_m , that has allowed time-work methods of definition of optimum speed of cutting (inventor's certificates № 679320, № 673376, № 766746), optimum termo-EMF (inventor's certificate № 878419), having a high efficiency on time and under expenses.

Keywords: *internal friction, outgrowth height, shrinkage and hardness of a shaving, microhardness the shaving parties about the tool, critical temperature, structural phase transformations, physical optimality criterion, temperature of polymorphic transformation.*

References

1. Eremin A.N. Fizicheskaya sushchnost' protsessa rezaniya stali (The physical nature of the process of cutting steel). Sverdlovsk: Mashgiz, 1951. 226 p.
2. Zorev N.N. Issledovanie elementov mekhaniki protsessa rezaniya (The study of elements of mechanics of cutting process). Moscow: Mashgiz, 1956. 368 p.
3. Grigorovich V.K. Tverdost' i mikrotverdost' metallov (The hardness and microhardness of metals). Moscow: Nauka, 1976. 230 p.
4. Korotaev A.D. Issledovanie vliyaniya blizhnego poryadka i K-sostoyaniya na fizicheskie i mekhanicheskie svoystva nekotorykh nikelovykh splavov (Investigation of the influence of short-range order and the K-state on the physical and mechanical properties of some nickel alloys) in book *Issledovaniya po zharoprochnym splavam. Tom VIII (Research on heat resistant alloys. Volume VIII)*. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1962. PP. 137-143.