

УДК 621.91.762

А. И. Сагрядян

**Исследование естественной термомеханической обработки
инструментальных быстрорежущих сталей и сплавов в процессе
резания**

(Представлено академиком Л. А. Агаловяном 29/VIII 2005)

Изучение влияния физических механизмов термомеханического воздействия сходящего потока стружки на контактную поверхность резца имеет большое научно-практическое значение для выбора оптимальных режимов резания, при которых контактный слой передней поверхности инструмента в процессе обработки под воздействием высоких давлений и температур претерпевает структурные изменения. Сплавы железа являются наиболее перспективными материалами в технике, поэтому представляется актуальным изучение особенностей, заложенных в природе этих сплавов, и их использование для улучшения эксплуатационных свойств инструмента, в частности, для увеличения его резерва прочности [1-4]. Повышение эффективности использования термомеханической обработки (ТМО) в процессе резания возможно лишь путём глубокого изучения процессов изменения строения и свойств контактных слоев инструментального материала для выбранной пары резец - обрабатываемая сталь. При этом наличие несовершенств реального строения в кинематике и механизме структурно-фазовых превращений приводит к целесообразности использования и регулирования плотности и характера распределения в инструментальном материале дислокаций, являющихся результатом термомеханического воздействия. Рациональное регламентирование несовершенств структур в контактных слоях инструмента в процессе резания по выявленным режимам при соответствующих внешних силовых воздействиях и температурах позволит улучшить тонкое строение этих слоев и повысить эксплуатационные свойства инструмента.

Эксперименты проводились на многоцелевом токарном станке, оснащенном вариатором ВР-1 для плавного регулирования скоростей. Микрофотографирование структурных изменений проводилось металлографическим микроскопом МИМ-8. При этом структурные изменения оценивались измерением микротвердости (использовался микротвердомер ПМТ-3). Микрофотографирование структур и измерение микротвердости проводились в зависимости от продолжительности работы инструмента по нормальному сечению, примерно по центру лунки, на микрошлифах резцов, изготовленных из быстрорежущей стали Р18 и безуглеродистых быстрорежущих сплавов В14М7К25, при обработке стали 45.

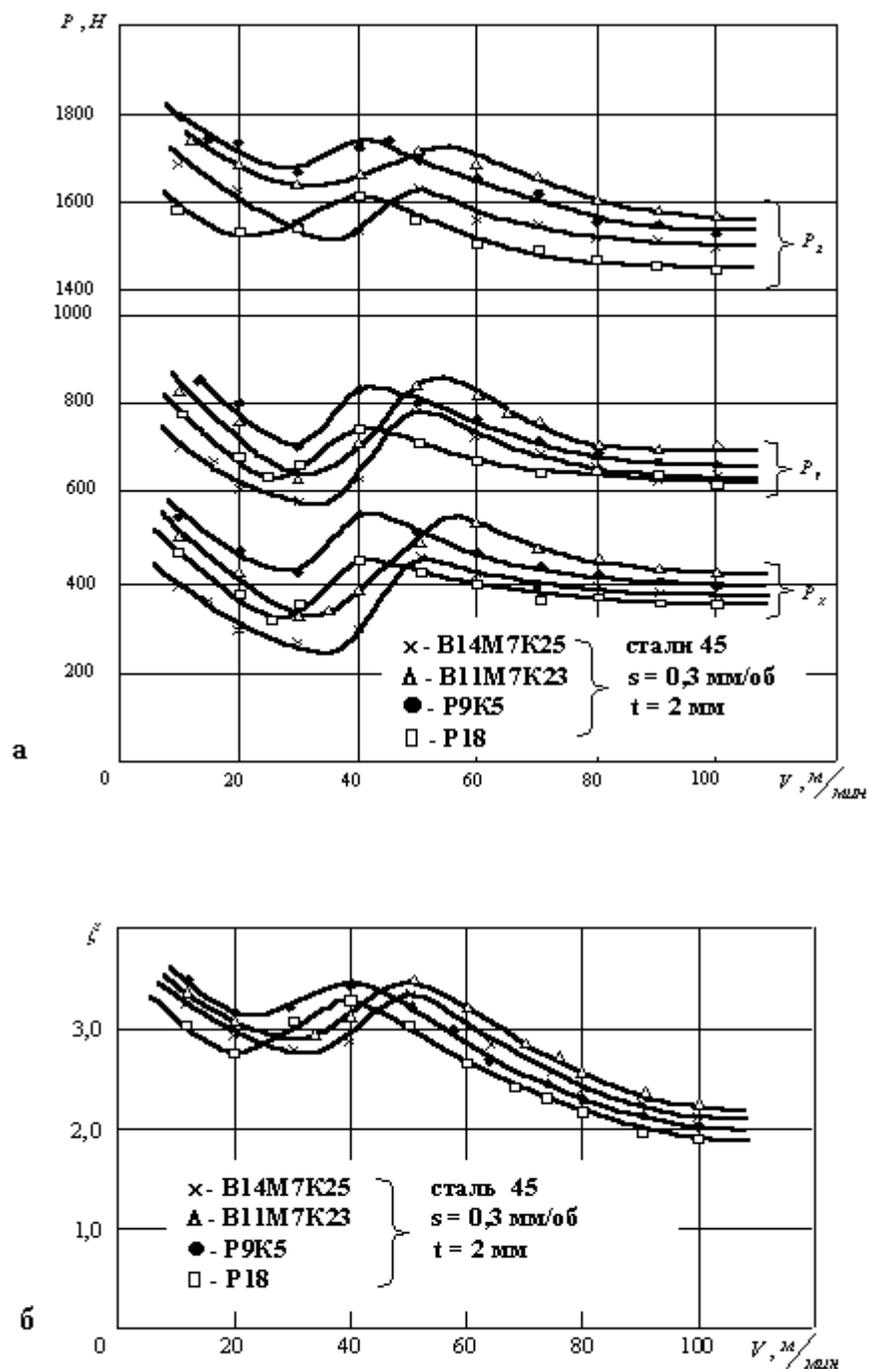


Рис.1. Зависимость составляющих сил резания (а) и усадки стружки (б) от скорости резания.

В широком диапазоне изменения параметров резания (V , S , t) найдены силовые характеристики, при которых на контакте передней поверхности действовали необходимые давления и температуры. Вследствие этого на тонких слоях контакта резца происходили пластические деформации, а в результате - накопление дислокаций и структурные изменения, повышающие физико-механические свойства тонких приконтактных слоев.

Целью работы является исследование и определение наиболее выгодных режимов резания для упрочнения и улучшения структуры поверхностно-контактных слоев инструмента и достижения максимального эффекта естественной самоорганизующейся ТМО.

В процессе исследования установлено, что для усиления эффекта естественной ТМО необходимо определить режимы резания, при которых составляющие силы резания наибольшие (рис. 1), что позволит изыскать режимы, при которых деформация на передней поверхности наибольшая. Это - режимы, когда составляющие силы резания и усадка стружки имеют максимальные значения, что приводит к наибольшей деформации сходящего потока по передней поверхности. Как показывают экспериментальные данные, при резании стали 45 резцами из P18, таким скоростям соответствуют $V = 10$ м/мин или $V = 40$ м/мин, а при резании резцами из B14M7K25 - $V = 10$ м/мин или $V = 50$ м/мин (рис.1,а). При этом значение усадки как качественная характеристика деформации сходящей стружки коррелирует с изменениями силы резания (рис. 1, б).

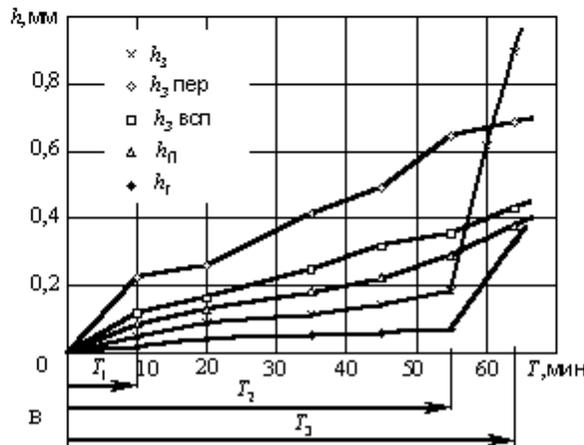
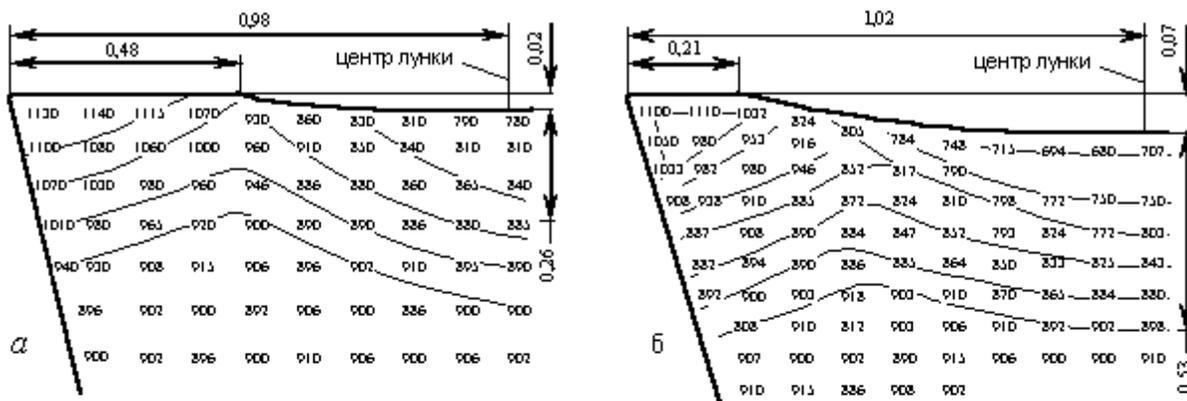


Рис.2. Зависимость микротвердости от естественной самоорганизующейся НТМО, от продолжительности и режимов резания при обработке стали 45 резцами из P18: а) I стадия ЕСНТМО при режимах: $V = 10$ м/мин, $S = 0.3$ мм/об, $t = 2.0$ мм, $T = 5$ мин; б) II стадия ЕСНТМО при режимах: $V = 45$ м/мин, $S = 0.3$ мм/об, $t = 2.0$ мм, $T = 10$ мин; в) зависимость износа от продолжительности резания.

Испытания обоих инструментов проводились на скоростях 10 м/мин с продолжительностью 3, 5 и 10 мин. Результаты показали, что оптимальным является испытание резцов с

воздействием деформирующих силовых нагрузок продолжительностью 5 мин, так как в случае 3 мин глубина проникновения деформации и толщина слоя измененной структуры оказываются недостаточными. При 10 мин толщина структурно-измененного слоя практически мало отличалась от предыдущих экспериментов, а микротвердость контактного слоя не претерпевала существенных изменений.

На рис. 2 показаны результаты работы резца из P18 после полного технологического цикла, т.е. изменения его микротвердости от продолжительности работы в разных стадиях естественной самоорганизующейся низкотемпературной ТМО (ЕСНТМО). По сути, при испытании 5 мин, что примерно совпадает с периодом приработки (рис. 2, в), обнаружено повышение микротвердости на микротолщинах приконтактных тонких слоев инструмента соответственно на 220 и 150 HV по сравнению с матричной для P18 - 900 HV и B14M7K25 - 1050 HV (рис. 2, а). В конце начальной стадии

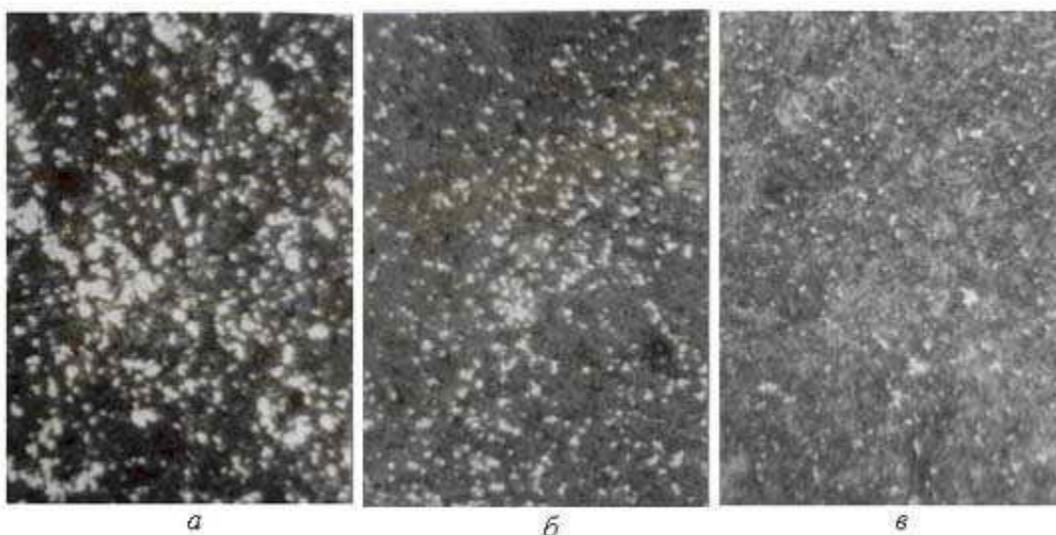


Рис.3. Зависимость изменения структуры приконтактных тонких слоев инструмента при воздействии деформации и температур, $\times 500$: а) исходная структура P18 после закалки и отпуска; б) I стадия ЕСНТМО при режимах: $V = 10$ м/мин, $S = 0.3$ об/мин, $t = 2.0$ мм, $T = 5$ мин; в) II стадия ЕСНТМО при режимах: $V = 45$ м/мин, $S = 0.3$ об/мин, $t = 2.0$ мм, $T = 10$ мин.

работы резца, при оптимальных режимах резания, когда продолжается II окончательная стадия ЕСНТМО (рис. 2, б), микротвердость тонких слоев на контакте и особенно на участке пластического контакта доходит в среднем до 1100...1110 HV, что на 20...30 HV ниже предварительной ЕСНТМО, но выше матричного на 200 HV для резцов из P18. Структура этих слоев становится более мелкозернистой и дисперсной, что приводит к повышению твердости, теплостойкости, прочности и сопротивления изнашиванию контактной поверхности. Это является результатом интенсивной пластической деформации и сдвиговых механизмов (рис. 3).

На рис. 3 представлены металлографические микрофотографии, на которых видны изменения структуры после общепринятой в практике термической обработки (ТО) (рис. 3, а) в результате I стадии ЕСНТМО (рис. 3, б), а также после полигонизационного отжига (ПО) и II стадии ЕСНТМО (рис. 3, в). При этом в зависимости от технологического цикла ЕСНТМО, по

сравнению с ТО (рис. 3, а), наблюдается повышение мелкозернистости и улучшение дисперсности структуры.

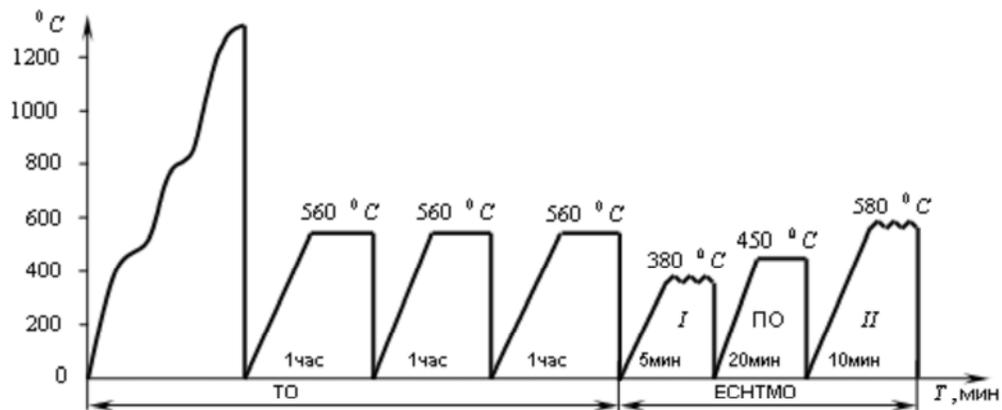


Рис.4. Схема ТО и ЕСНТМО для резцов из P18 при обработке стали 45.

После указанной предварительной ТМО инструмент с улучшенными качествами продолжает работать при исследованных оптимальных режимах резания, соответствующих 60-минутной стойкости, с использованием эффекта ЕСНТМО. В начальной стадии обработки при оптимальных режимах резания и практически до конца установившегося износа (рис.2, а,б) полученные качества инструмента сохраняются.

Предварительная обработка, как показали эксперименты, приводит к структурной тренировке состояния при воздействии более высоких деформационно-температурных режимов, что увеличивает стабильность и стойкость дисперсной субструктуры (рис.3,б). В первой стадии, вследствие переменной интенсивной пластической деформации, происходит формирование мелкозернистой структуры, а во второй стадии (после промежуточного полигонизационного отжига) продолжает действовать ЕСНТМО поверхностных слоев. В результате структура становится еще мельче, с повышением прочности тонких слоев, но при этом микротвердость в обоих случаях снижается на 20 HV. Это происходит за счет отжига и пластической деформации при более высоких температурах, достигающих до 600, 750°C и выше, соответственно, для резцов из P18 и V14M7K25.

Нами рассмотрены также возможности применения ТМО для повышения стойкости углеродистых и безуглеродистых быстрорежущих сталей и сплавов, что связано с высокой температурой закалки этих сталей, приводящей к рекристаллизации при использовании высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО), а также с тем, что реализация НТМО ограничена возможностями деформации высокопрочных быстрорежущих материалов при низких температурах. Выходом из положения может стать использование ЕСНТМО, не требующее дополнительных усилий и оборудования. Однако в дальнейшем потребуется дополнительное изучение новых направлений развития теории и практики технологии ТМО с целью управления структурой и получения требуемых специальных свойств на контактных поверхностях высокопрочных инструментальных материалов.

Для создания полигонизованной субструктуры, снижения релаксации пиковых напряжений и стабилизации полученной оптимальной мелкозернистой структуры, после кратковременного резания при режимах наибольшего давления, с целью создания

максимального эффекта самоорганизующейся естественной НТМО, необходимо провести кратковременный полигонизационный отжиг при температурах 500...600⁰С с выдержкой 20...25 мин. В результате установлено увеличение износостойкости инструмента в 1.5...2 раза и теплостойкости на 15...20⁰С, а также уменьшение интеркристаллической хрупкости и интенсивности износа. Одновременно снижается процесс выкрашивания твердых частиц карбидных и интерметаллидных фаз.

Аналогично с процессами поверхностно-пластического деформирования (ППД) [1,3] при режимах $V = 10$ м/мин, $S = 0.3$ мм/об, $t = 2.0$ мм в первой стадии технологического цикла ЕСНТМО происходит интенсивная пластическая деформация приконтактных слоев вследствие накопления дислокаций и сдвигов субзеренных структур (рис.2,б). При указанных режимах на контакте передней поверхности действуют наибольшие силы резания и соответственно происходят значительные деформации сдвигающей стружки, под воздействием которых интенсивно деформируется приконтактный слой передней поверхности резца. В результате процесса ЕСНТМО с интенсивной микропластической деформацией получен слой в течение 5 мин работы резца под воздействием максимальных составляющих силы резания соответственно 1700 Н при работе резцами из В14М7К25 и 1600 Н - резцами из Р18 (рис.1). В дальнейшем, с целью стабилизации полученной структуры, производится полигонизационный отжиг, что приводит к плавному снижению напряженного состояния переходной фазы, при температурах 450 и 550⁰С с выдержкой 20 и 30 мин соответственно, со снижением микротвердости на 20...30 НV. После этого начинается эксплуатация на найденных режимах резания, при которых также продолжается процесс ЕСНТМО в малых толщинах контактной поверхности резца с измельчением уже мелкозернистой структуры, полученной после I стадии специальной ЕСНТМО и полигонизационного отжига.

Измерения микротвердости показали повышение твердости приконтактных слоев в конце зоны приработки на 200 НV для резцов из Р18 по сравнению с матричной микротвердостью, что является результатом ЕСНТМО, сохраняющей прочность и износостойкость вплоть до конца установившегося износа от продолжительности работы резца (рис.2). Аналогичные качественные характеристики получены при обработке резцами из В14М7К25.

Одновременно выявлено, что качество поверхностно-контактных тонких слоев тех же резцов при работе в оптимальных режимах без предварительной ЕСНТМО оказалось более низким, что доказывает правомерность проведения технологического цикла, заключающегося в предварительном кратковременном силовом и тепловом воздействии на контактные поверхности. Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что по существу мы имеем дело с принципиально новым явлением, которое позволяет естественным путем достичь повышения комплекса физико-механических свойств инструментов из быстрорежущих сталей и безуглеродистых быстрорежущих сплавов путем ЕСНТМО с применением деформационно-тепловых воздействий на рабочие контактные слои в процессе работы инструмента с помощью управления параметрами режимов резания.

Литература

1. *Бернштейн Л. М.* - Структура деформированных металлов. М. Металлургия. 1977. 430 с.
2. *Бернштейн М. Л., Займовский В. А., Капуткина Л. М.* - Термомеханическая обработка стали. М. Металлургия. 1983. 479 с.
3. *Даботкин С. В., Капуткина Л. М.* - Физика металлов и металловедение. 2001. Т. 91. № 1. С. 79-89.
4. *Кучарев Б. В., Крахт В. Б.* - Изв. вузов. Черная металлургия. 2001. № 3. С. 33-37.

Ա. Ի. Սահրադյան

Արագահատ գործիքային պողպատների և համաձուլվածքների բնական ջերմամեխանիկական մշակման հետազոտումը կտրման գործընթացում

Հետազոտված է ածխածնային և ածխազուրկ արագահատ պողպատներից և համաձուլվածքներից պատրաստված P18 և B14M7K25 մակնիշների գործիքների կոնտակտի բարակ շերտի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների բարելավման հնարավորությունները ջերմամեխանիկական մշակման եղանակով՝ պողպատ 45-ի կտրման ժամանակ: Հետազոտության արդյունքում բացահայտվել է բնական ինքնակազմակերպվող ջերմամեխանիկական մշակման նոր երևույթ՝ արագահատ գործիքանյութերից գործիքների ֆիզիկամեխանիկական համալիր հատկությունների բարելավման համար:

A. I. Sahradyan

**Investigation of Natural Thermo-mechanical Processing of Quick-cutting
Instrumental Steel and Alloys in the Process of Cutting**

The possibilities of improvement of physical-mechanical characteristics of the thin layer of P18 and B14M7K25 instruments made from carbon and carbon-free quick-cutting steels and alloys through thermo-mechanical processing in the process of cutting of steel 45 are investigated. As a result of the study a new direction of natural self-organized thermo-mechanical processing is suggested for the improvement of physical-mechanical complex characteristics of instruments made from quick-cutting materials.