А. А. Липатов, Ю. Л. Чигиринский

**ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПРИ РЕЗАНИИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ
ТВЕРДОСПЛАВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: leeandrej@yandex.ru

Рассмотрено контактное взаимодействие при точении высоколегированных сталей различных классов. Выявлены отличия в закономерностях контактного взаимодействия для высоколегированных сталей по сравнению с перлитными. Подтверждено, что выявленные отличия связаны с различным характером зависимости теплопроводности от температуры для этих групп обрабатываемых сталей.

Ключевые слова: точение, высоколегированные стали, твердосплавный инструмент, передняя поверхность, площадка износа, контактное взаимодействие, характер зависимости теплопроводности обрабатываемого материала от температуры.

A. A. Lipatov, Yu. L. Tchigirinskiy

FEATURES OF CONTACT INTERACTION IN CUTTING HIGH-ALLOY STEELS WITH CARBIDE TOOLS

Volgograd State Technical University

It is considered the contact interaction when turning high-alloyed steels of different groups. It is revealed differences in the patterns of the contact interaction for high-alloy steels in comparison with the pearlitic steels. It is possibility that the identified differences are associated with different character of the dependence of thermal conductivity on temperature for these groups of machining steels.

Keywords: turning, high-alloy steels, carbide tool, the front surface, the wear platform, the contact interaction, the temperature dependence of the blank's thermal conductivity.

В представленной работе описаны особенности развития контактного взаимодействия на передней и задней (площадке износа) поверхностях твердосплавного инструмента при точении хромистых высоколегированных сталей. Проанализированы сходство и отличия от закономерностей протекания контактных процессов при резании аустенитной стали, а также углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса.

Исследования проводились при продольном точении сталей 12X18H10T, 14X17H2 и ЭИ961 (13X11H2B2MФ) инструментом из твердого сплава ВК6. Стали 12X18H10T и 14X17H2 обрабатывались в состоянии поставки, заготовки из ЭИ961 предварительно подвергались термической обработке до твердости 415 НВ. Скорость резания варьировалась в диапазоне $v = 10\text{--}150$ м/мин при подаче 0,3 мм/об и глубине резания 1,5 мм. Основные геометрические характеристики резцов: $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$.

В ходе экспериментов измеряли коэффициент усадки стружки ξ . Корни стружек получали с помощью «падающего» резца. При этом на задней поверхности затачивалась (и прирабатывалась при резании) искусственная площадка износа шириной $b_3 \approx 0,2$ мм.

На рис. 1 приведены полученные экспериментально зависимости усадки стружки ξ от скорости резания v .

Вид графиков $\xi(v)$ свидетельствует о плавном (в той или иной степени) изменении усадки ξ по мере возрастания скорости v . Такой характер зависимостей $\xi(v)$ резко отличается от присутствующего при обработке перлитных сталей, когда с ростом v при переходе от нароста к пластическому контакту наблюдается скачкообразное (практически при одной скорости) возрастание величины ξ [1]. Таким образом, контактное взаимодействие на передней поверхности с ростом v для сталей 14X17H2 и ЭИ961 должно развиваться сходно с резанием аустенитной стали (а не перлитных).

Рис. 1. Зависимости усадки стружки ξ от скорости резания v при точении сталей 12X18H10T (1), 14X17H2 (2) и ЭИ961 (3) инструментом из ВК6

Это подтвердилось при изучении микрорельефов корней стружек. При резании высоколегированных сталей 14X17H2 и ЭИ961 переход от нароста к пластическому течению контактных слоев происходит не непосредственно, а через промежуточный вид взаимодействия, сходный с видом, характерным для резания стали 12X18H10T, – застойной зоной со смещенным наростом [2], что объясняется одинаковым характером зависимости теплопроводности этих групп сталей от температуры. Для высоколегированных сталей с ростом температуры теплопроводность увеличивается – в отличие от углеродистых, низко- и среднелегированных сталей перлитного класса, для которых теплопроводность с увеличением температуры резко уменьшается (в диапазоне температур 200–800 °C в 1,5–1,8 раза [3]). Поэтому при резании перлитных сталей в контактной зоне имеет место положительная обратная связь по температуре – с ростом скорости и температуры теплопроводность обрабатываемого материала резко падает. Поэтому уменьшается и сток тепла в стружку, что в свою очередь приводит к росту температуры. Поэтому переход от нароста к пластическому контакту про-

исходит скачкообразно. Увеличение теплопроводности высоколегированных сталей с ростом скорости и температуры обуславливает наличие отрицательной обратной связи по температуре, интенсифицируя сток теплоты из кон-

тактной зоны в стружку и растягивая переход от нароста к пластическому контакту в достаточно широком диапазоне скоростей [2].

Анализ соответствующих фотографий (рис. 2) показал следующее.

Рис. 2. Микрошлифы корней стружек ($\times 100$), полученных при точении сталей 14X17H2 с $v = 25$ м/мин (а), ЭИ961 с $v = 20$ м/мин (б) и $v = 30$ м/мин (в)

Для 14X17H2 (рис. 2, а) застойная зона со смещенным наростом практически неотличима от соответствующего вида взаимодействия при резании 12X18H10Т (см. [2]) – смещенный от режущей кромки нарост тормозит течение контактных слоев на расстоянии от передней поверхности, никак не меньшем высоты самого смещенного нароста. Напротив, при резании стали ЭИ961 (рис. 2, б) толщина застойной зоны, расположенной между остатком нароста на режущей кромке и смещенным наростом намного меньше высоты обоих наростов. При увеличении скорости и исчезновении нароста у режущей кромки достаточно крупный смещенный нарост сохраняется, но толщина застойной зоны еще меньше – настолько, что взаимодействие на этом участке можно принять за пластический контакт (рис. 2, в). Это объясняется повышенным тепловыделением в зоне стружкообразования из-за высокой прочности стали ЭИ961.

Второе отличие от перлитных сталей (и сходство с аустенитной сталью) заключается в следующем. Уменьшение теплопроводности перлитных сталей с возрастанием температуры обуславливает ослабление стока тепла в нагретую стружку по сравнению с холодной заготовкой. Поэтому развитие контактного взаимодействия на площадке износа отстает с ростом v от соответствующих процессов на передней поверхности [1]. Напротив, возрастание теплопроводности высоколегированных хромистых сталей 14X17H2 и ЭИ961 (как и 12X18H10Т) с ростом температуры приводит к увеличению стока тепла в нагретую стружку (по сравнению с более холодной заготовкой). Поэтому при меньших v пластический контакт устанавлива-

ется на площадке износа, а не на передней поверхности (рис. 2, в). В то же время, высокохромистым сталям присуще менее интенсивное возрастание теплопроводности с ростом температуры (в диапазоне температур 200–800 °С – менее, чем в 1,1 раза, против почти 1,5 раз у аустенитных сталей [3]). Поэтому опережающее развитие контактных процессов на площадке износа выражено не столь явно, как для аустенитной стали. Для 12X18H10Т пластический контакт на площадке устанавливается тогда, когда на передней поверхности еще существует ярко выраженный нарост (рис. 3, а). Фото при большем увеличении (рис. 3, б) подтверждает наличие на площадке износа именно пластического контакта (а не внешнего трения).

Рис. 3. Микрошлиф корня стружки, полученного при точении стали 12X18H10Т резцом из ВК6 с $v = 20$ м/мин: общий вид (а, $\times 100$) и начало контакта по площадке износа (б, $\times 1000$)

Для высоколегированных хромистых сталей застойные явления на площадке износа еще сохраняются при тех v , когда на передней поверхности уже имеет место застойная зона со смещенным наростом (рис. 2, а и б).

Представленные результаты подтверждают справедливость выявленного влияния зависимости теплопроводности обрабатываемого материала от температуры на закономерности развития контактных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Талантов, Н. В.* Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента / Н. В. Талантов. – М. : Машиностроение, 1992. – 240 с.

2. *Липатов, А. А.* Особенности перехода от наростообразования к взаимодействию с пластическим контактом при обработке аустенитной стали / А. А. Липатов // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 7 (110) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении» ; вып. 9). – С. 31–34.

3. *Резников, А. Н.* Теплофизика процессов механической обработки материалов / А. Н. Резников. – М. : Машиностроение, 1981. – 279 с.