

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫ

М. Ф. ПОЛЕТИКА

(Представлена проф. докт. А. М. Розенбергом)

Одной из основных причин, тормозящих создание научно обоснованной теории обрабатываемости металлов резанием, является недостаточная разработанность теории стружкообразования, особенно в той ее части, которая касается влияния свойств обрабатываемого материала, в частности, механических его свойств на процесс образования стружки.

Экспериментальное изучение влияния механических свойств обрабатываемого материала на процесс резания может быть осуществлено двумя путями. Первый из них заключается в проведении опытов с большим числом разнородных обрабатываемых материалов и последующем кропотливом анализе их результатов. Не говоря уже об очень большой трудоемкости такого метода исследования, он может и не привести к цели, так как различные обрабатываемые материалы отличаются не только механическими, но и многими другими свойствами. Выявить влияние на процесс резания каждой группы свойств по отдельности довольно затруднительно.

Второй путь состоит в искусственном изменении того или иного комплекса свойств обрабатываемого металла. Применительно к механическим свойствам этого лучше всего достигнуть, производя предварительную термическую обработку исследуемого металла при различных режимах. Такой метод исследования значительно быстрее приводит к цели, чем первый.

Поставив перед собой задачу исследовать влияние механических свойств материала на процесс резания, мы выбрали в качестве обрабатываемого материала бронзу БрБ2, содержащую 1,87% бериллия. Именно этот сплав нас привлек потому, что он при изменении режима термической обработки меняет свои механические свойства, но не изменяет микроструктуру. Появляется возможность выделить влияние механических свойств на процесс резания в «чистом» виде.

Мы располагали бериллиевой бронзой только в виде прутков диаметром 24 мм. Поэтому из прутков были нарезаны образцы длиной 100 мм каждый. Все образцы были подвергнуты закалке, состоящей в нагреве до 780° с последующим охлаждением в воде. После этого их рассортировали на 4 группы и произвели отпуск. Варьируя температуру и длительность отпуска для каждой из групп, мы получили четыре различные твердости Нв = 111, 200, 321, 360.

Геометрия заточки резца во всех опытах оставалась постоянной: передний угол — 10°, задний угол — 10°, угол наклона главной режу-

щей кромки — 0° , угол в плане — 70° . Скорость резания изменялась во всем диапазоне, какой можно было обеспечить на станке 1К62 при ограниченном диаметре образца. Опыты проводились с четырьмя подачами: 0,07; 0,15; 0,26 и 0,34 мм/об. Глубина резания во всех опытах оставалась постоянной и равной 2 мм.

В каждом опыте измерялись усадка стружки, длина контакта стружки с резцом, температура и сила резания. Для измерения температуры резания был использован метод естественной термопары, причем тарировка последней производилась обычным способом, но отдельно для каждой группы образцов.

Измерение силы резания производилось с помощью двухкомпонентного упруго-электрического динамометра с индуктивными датчиками. Показания динамометра регистрировались тремя микроамперметрами, расположенными рядом на щите совместно с прибором для измерения температуры резания. В процессе опыта, после того как показания всех приборов стабилизировались, щит фотографировался с помощью фотоаппарата, закрепленного на стойке. Тем самым обеспечивалась одновременность всех четырех отсчетов.

В процессе обработки результатов измерения потребовалось из общих сил, измеренных динамометром, выделить силы, действующие на переднюю грань резца. Мы воспользовались для этого методом экстраполяции на нулевую подачу линий зависимости силы резания от подачи в условиях постоянства усадки стружки.

Опыты показали, что механические свойства обрабатываемого материала, в частности его твердость, очень существенно влияют на весь процесс стружкообразования. Это влияние заметно и при непосредственном наблюдении за процессом резания, но наиболее отчетливо обнаруживается при визуальном исследовании стружки и измерении ее усадки.

Кривые изменения усадки стружки в зависимости от скорости резания для одной из подач приведены на рис. 1. Из них прежде всего следует, что с ростом твердости обрабатываемого материала усадка стружки непрерывно снижается. Процесс образования стружки при резании мягкой бронзы весьма схож с процессом стружкообразования при обработке малоуглеродистой стали. Стружка здесь сливная, усадка велика. В области небольших скоростей резания наблюдается ярко выраженный нарост на резце, и как результат наростообразования кривая зависимости усадки стружки от скорости резания имеет характерные горб и впадину.

В отличие от стали, однако, падение усадки после перехода скорости в зону нароста происходит очень резко. Это, по-видимому, объясняется тем, что сразу возникает весьма устойчивый нарост, который в определенном промежутке скоростей мало меняет свою устойчивость, а с дальнейшим повышением скорости резания столь же быстро исчезает, как и появился.

С повышением твердости бронзы до известного предела вид кривой $\xi=f(v)$ сохраняется, но усадка стружки непрерывно уменьшается, в том числе и на горбе характерной кривой ее изменения. Исключение составляет лишь зона образования нароста, где усадка остается примерно постоянной.

С дальнейшим повышением твердости обрабатываемого материала нарост исчезает, и с ростом скорости мы наблюдаем лишь плавное снижение усадки. Стружка постепенно меняет свой вид, переходя из сливной в суставчатую (элементы только намечены), а затем в элементную. При этом суставчатая и элементная стружки имеют характерное строение: текстура внутри элемента отсутствует и виден лишь более или менее тонкий контактный слой, как правило, сильно текстурированный, который связывает элементы воедино.

Очень часто такая стружка (особенно это относится к элементарной) по внешнему виду трудно отличима от сливной. Границы элементов обнаруживаются только после полировки и травления ее боковой стороны. Следует заметить, что такая же по строению стружка получается при обработке титановых сплавов.

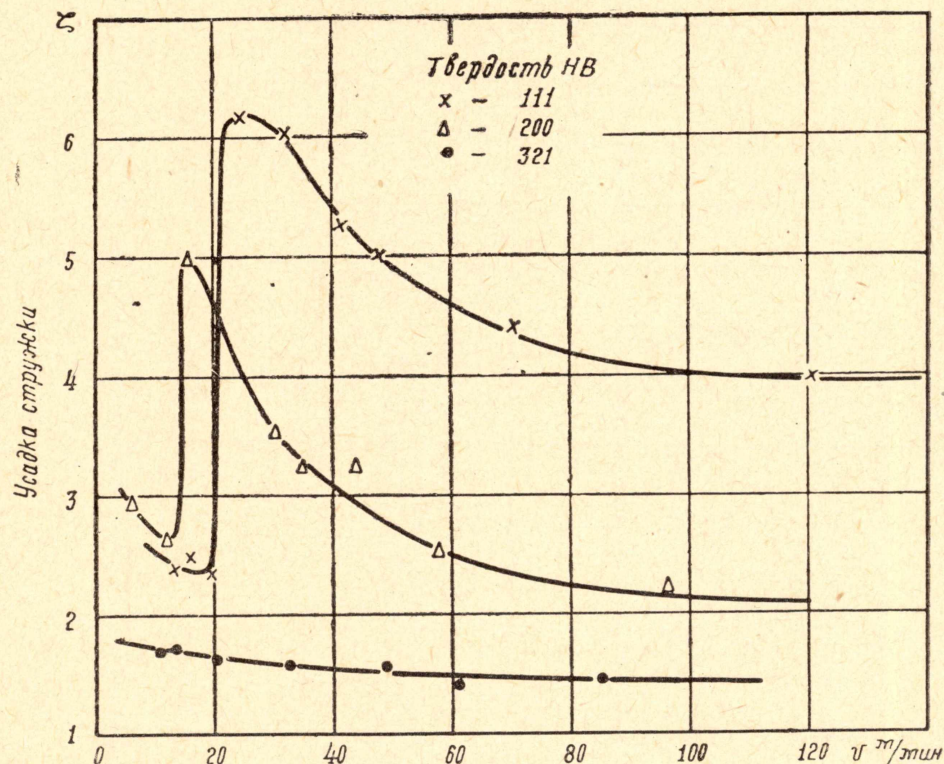


Рис. 1.

Уменьшение усадки стружки с ростом скорости резания в зоне отсутствия нароста сопровождается, как это видно на рис. 2, падением среднего коэффициента трения стружки о резец; из рис. 3, на котором даны значения среднего нормального q_N и среднего касательного q_T напряжений на передней грани, рассчитанных по видимой площади контакта, мы также убеждаемся, что уменьшение коэффициента трения обусловлено ростом среднего нормального напряжения. Удельная же сила трения от скорости резания практически не зависит. Это значит, что механизм влияния скорости резания на процесс стружкообразования при резании бронзы БрБ2 такой же, как и при обработке стали, ибо аналогичные результаты получены Н. Н. Зоревым [1] при точении сталей.

Из рассмотрения тех же фигур 2, 3 следует, что твердость обрабатываемого материала оказывает на коэффициент трения по существу тот же эффект, что и повышение скорости резания. С увеличением твердости коэффициент трения уменьшается, и это опять-таки есть результат повышения среднего нормального давления на передней грани резца.

То обстоятельство, что всякое изменение усадки стружки связано с изменением среднего коэффициента трения стружки о резец, — факт, давно уже обнаруженный исследователями. Однако большинство из них склонно считать коэффициент трения некоторой физически самостоятельной величиной, определяющей в конечном счете усадку. Результаты настоящего исследования убеждают нас в том, что это не так.

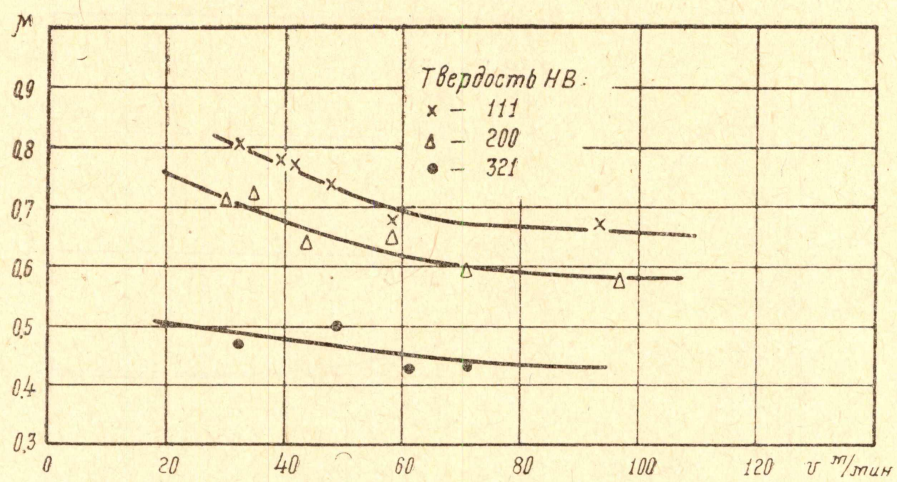


Рис. 2

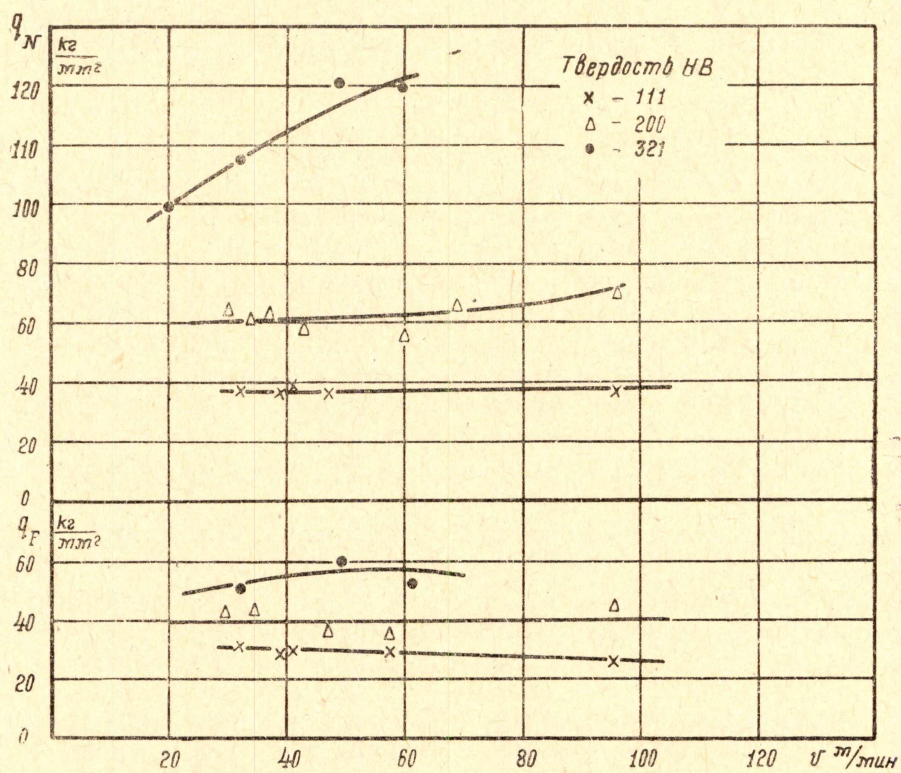


Рис. 3.

В самом деле, коэффициент трения в условиях резания, когда трение обязательно сопровождается глубокими поверхностными деформациями в контактных слоях стружки, как некоторая самостоятельная физическая величина, должен определяться сопротивлением деформации в этих слоях, то есть величиной среднего касательного напряжения в зоне контакта стружки с резцом. Однако несовпадение с экспериментом этого вполне естественного предположения вытекает как из наших опытов, так и из опытов Н. Н. Зорева, ибо с ростом скорости резания касательное напряжение на передней грани остается постоянным, а коэффициент трения падает.

Если в данном случае еще и могли бы возникнуть некоторые сомнения, так как повышение скорости резания влечет за собой увеличение температуры, что изменяет условия трения, то теперь они должны исчезнуть. С повышением прочностных характеристик обрабатываемого металла нужно ожидать увеличения удельной силы трения, и она действительно растет, как мы убеждаемся из рис. 3. Коэффициент трения же при этом не растет, а, наоборот, уменьшается. Температура резания в данном случае не играет никакой роли, ибо можно показать на основании наших же опытов, что указанная тенденция от нее не зависит.

Следовательно, коэффициент трения при резании не является самостоятельным физическим параметром обрабатываемого материала. Он, по-видимому, представляет собой некоторую обобщенную характеристику напряженного состояния в зоне резания и, конечно, должен меняться согласованно с усадкой стружки, которая есть мера (пусть не вполне точная) деформации в этой зоне.

В связи с этим нецелесообразно ставить вопрос, что является определяющим: коэффициент трения или усадка стружки. Обе эти характеристики процесса резания условны и являются функциями независимых параметров, в число которых входят геометрия резца и элементы режима резания, а также некоторые характеристики обрабатываемого материала и материала инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания. Машгиз, 1956.
-