

Небольшое отклонение результатов можно объяснить упругой деформацией, возникающей в образце в процессе профилирования. Графики для углов изгиба 30° и 45° имеют различную протяженность деформированного участка. Расчеты на основании предполагаемой математической модели в основном соответствуют эксперименту.

Измерения участков на контуре поперечного сечения, не подлежащих пластическому формоизменению, показали, что они сохраняют плоскостность как в контактной, так и во внеконтактной области. Пространственная форма подгибаемой полки профиля может быть представлена как часть скручиваемой полосы (рисунок 2) с переменным по длине кручением.

Заключение

Приведенный в статье алгоритм нахождения формы внеконтактной области формоизменения в процессе профилирования может быть применен не только для сплошного материала [2], но и для многослойных листовых полос [3-5]. Данная методика приемлема и для формоизменения более сложных форм деталей. Если внеконтактная область образуется не в профилировочном стане, а в штампе, то необходимо учитывать трение с инструментом [6, 7].

Литература

1. Типалин С.А. Исследование и разработка методики расчета процесса профилирования ленты при локальном формоизменении. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук М.: МАМИ, 1998. 181 с.
2. Бондарь В.С., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф. Вязкопластический изгиб и скручивание листа. М. МГТУ «МАМИ», 2003. 168 с.
3. Типалин С.А. Гладков В.И., Власов А.И., Никитин М.Ю. Моделирование конструкции клапанной крышки двигателя на основе применения клеевых соединений. / Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ «МАМИ», № 1 (5), 2008. с. 201-206.
4. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Никитин М.Ю. Листовой демпфирующий материал для кузовных деталей. Свойства при сдвиговой деформации. / Автомобильная промышленность, 2010, № 10, с. 39-40.
5. Типалин С.А., Плотников А.С. Влияние клеевого соединительного слоя на процесс вытяжки листового многослойного материала. / Автомобильная промышленность, 2012, № 6, с. 33-35.
6. Бодунов М.А., Бодунов Д.М., Исаев В.П., Кийко Л.К. О растекании тонкого пластического слоя. / Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ «МАМИ», 2010. № 1. с. 181-185.
7. Петров М.А., Петров П.А., Калпин Ю.Г. Численное исследование трения при высадке с радиальным выдавливанием деталей типа «стержень с утолщением» из алюминиевого сплава АД1. / Известия МГТУ «МАМИ», № 1 (13), 2012, с. 200-210.

Экспериментальное исследование процесса выдавливания технологической канавки в оцинкованной полосе

к.т.н. доц. Типалин С.А.

Университет машиностроения
(495) 223-05-23 доб. 1113, ti@mami.ru

Аннотация. Произведено исследование по определению накопленной деформации в зоне выдавленной роликом индентором технологической канавки. Выявлены особенности распределения интенсивности деформации. Сделана оценка осредненных по сечению дна канавки значений интенсивности деформации.

Ключевые слова: профилирование, выдавливание канавки, индентор, ролики, изгибающий момент, оцинкованный лист, упрочненный материал, упрочнение металла.

Необходимость выдавливания в ленте технологической дорожки (канавки) катящимся

роликом с индентором обусловлено изгибом с внутренним радиусом близким к нулю, или обеспечением локализованного изгиба при использовании упрощенной формы инструмента [1, 2, 4]. При теоретическом расчете выдавливание может быть задано с помощью предварительно накопленной деформации ε_0 . Допущение о том, что процесс формирования дна канавки можно представить как простую осадку, оказалось неприемлемой. В действительности, осредненное значение ε_0 значительно меньше величины $\varepsilon = \left| \ln \frac{s_0}{h_0} \right|$.

Форма сечения предлагаемой канавки концентратора и ее размеры зависят от геометрических параметров изгибаемого участка (кривизны и угла изгиба).

Целью экспериментальных исследований процесса является определение осредненного значения интенсивности деформации дна канавки и величины крутящего момента, необходимого для формирования канавки катящимся индентором.

Процесс деформации листового металла при выдавливании канавки данным способом существенно отличается от процесса внедрения индентора одновременно по всему дну деформируемой канавки. Данные о характере процесса и об изменении механических свойств металла в литературе отсутствуют.

Экспериментальное устройство для выдавливания пары канавок представлено на рисунке 1.

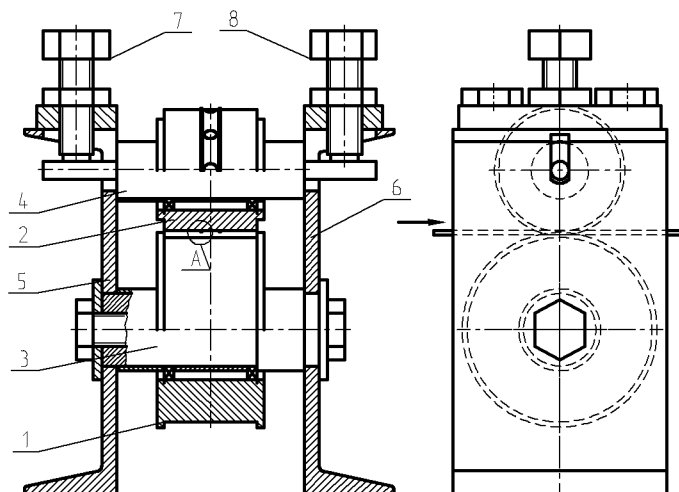


Рисунок 1 – Экспериментальная клеть для выдавливания дорожки канавки

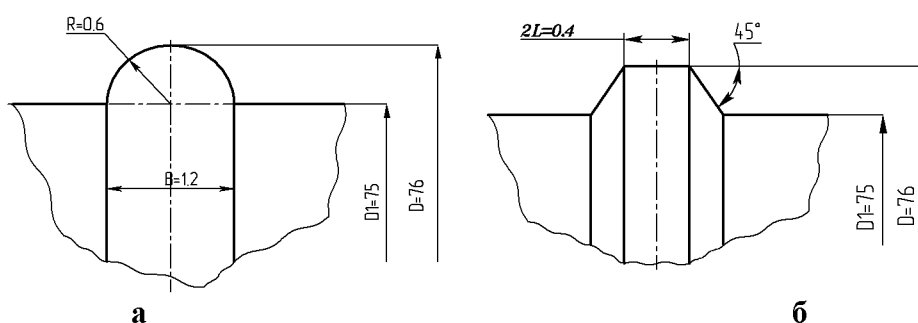


Рисунок 2 – Виды инденторов для выдавливания технологической канавки

Устройство содержит пару роликов 1, 2 диаметром 75 мм, шириной 36 мм, вращающихся свободно на осях 3 и 4; последние крепятся на щеках 5 и 6. Щеки закрепляются на какую-либо неподвижную, достаточно жесткую опору. В конструкции устройства предусмотрена возможность менять межосевое расстояние с помощью нажимных болтов 7 и 8. Рабочая поверхность одного из роликов – гладкая, цилиндрическая. Контур образующей другого отвечает заданной форме сечения канавки (рисунок 2). Материал роликов – сталь X12M. Рабочие поверхности роликов закалены до твердости HRC 58...62 и отшлифованы ($Ra=0,63$).

Для накатывания канавок экспериментальное устройство нагружалось крутящим мо-

ментом. Нагружение производилось вручную с помощью рычага. На одном из роликов выполнены цилиндрические гнезда, перпендикулярные оси вращения. Один конец рычага вводится в гнезда, другой конец нагружается силой, контролируемой с помощью динамометра, класс точности 1.

Образец в виде полосы вводился между роликами, после чего с помощью болтов 7 и 8 создавали усилие, необходимое для заданного внедрения инденторов.

Материал образцов – малоуглеродистая оцинкованная сталь 08 кп общей толщиной 0,64 мм.

Испытание образцов из данных материалов на одноосное растяжение позволило определить механические свойства и коэффициенты кривой упрочнения для аппроксимации зависимостью $\sigma = A \cdot (\varepsilon_0 + \varepsilon)^n$.

Размеры валка с тороидальным индентором (рисунок 2а):

$R=0,6$ – радиус сечения индентора, мм;

$B=1,2$ – ширина основания индентора, мм;

$D=76$ – диаметр выступов ролика, мм.

Размеры индентора с сечением в виде трапеции (рисунок 2б):

$2\ell=0,4$ – ширина вершины индентора, мм;

$D=76$ – диаметр выступа ролика, мм.

После выдавливания канавки производился замер ее глубины с помощью приспособления, показанного на рисунке 3.

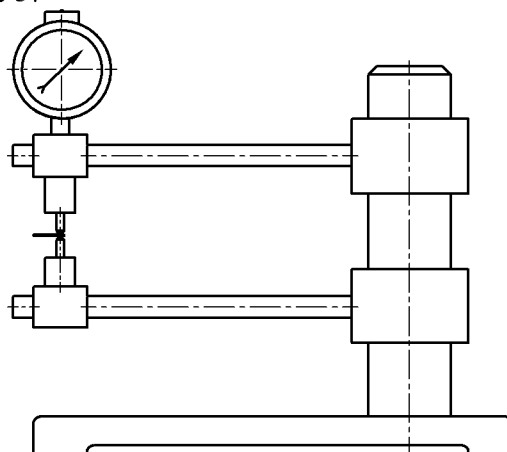


Рисунок 3 – Приспособление для замера глубины выдавливаемой канавки

Оно состоит из стойки, многооборотной рычажно-зубчатой измерительной головки типа 1 МИГ, ГОСТ 9696-75, консоли для установки индикатора и нижней опоры, имеющей форму иглы. Индикатор также снабжен игольчатым наконечником. Полоса устанавливается отпечатком напротив наконечника индикатора. Игла наконечника вводится в углубление канавки. Поворотом пластины относительно нижней опоры определяется минимальное показание индикатора, которое соответствует толщине полосы в технологической канавке s_0 .

Отсюда относительная глубина канавки составляет $\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_0 - s_0}{h_0}$.

Измерение величины s_0 производилось с точностью до 0,005 мм.

Анализ результатов эксперимента позволил получить графики зависимости крутящего момента на ролике от относительной глубины канавки (рисунок 4).

Данные эксперимента показали, что при заданной ширине канавки необходимый крутящий момент на роликах практически не зависит от формы инденторов.

Для определения накопленной деформации и свойств материала в зоне канавки использовался метод твердости Деля [3]. Сущность его заключается в возможности оценки накопленной материалом деформации по значению его твердости.

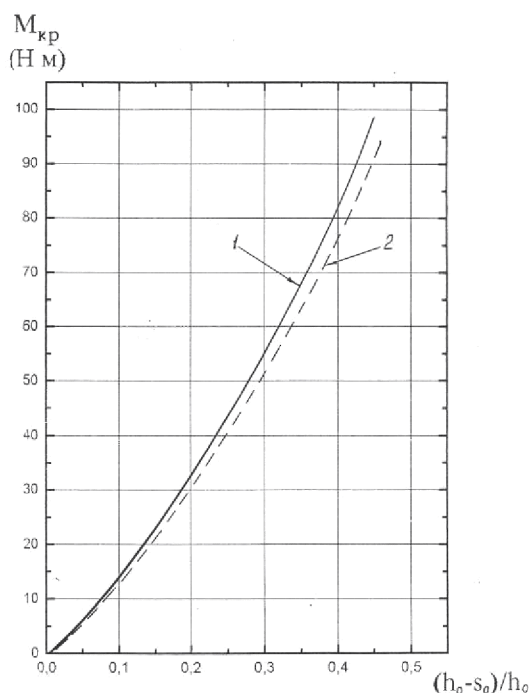


Рисунок 4 – График зависимости крутящего момента на ролике от относительной глубины канавки:
1 – индентор трапецевидной формы;
2 – индентор тороидальной формы

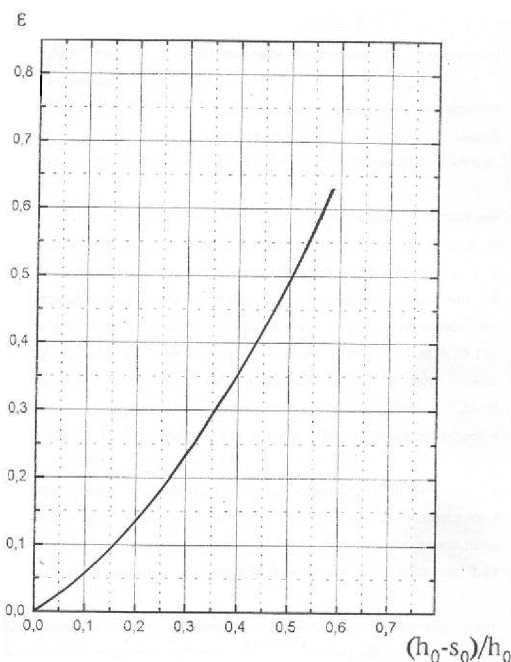


Рисунок 5 – Изменение осредненного значения деформации от относительной глубины технологической канавки

Образец с канавкой, выдавленной катящимся индентором, разрезался в поперечном направлении. На срезе приготавливался микрошлиф, и в зоне деформации измерялась микротвердость. Испытания проводились на приборе ПМТ-3. В качестве вдавливаемого индентора применена алмазная пирамида с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями $\alpha = 136^\circ$. При испытании измеряется длина диагонали отпечатка и подсчитывается число твердости Н.

Для выбора нагрузки применены следующие критерии:

1. В сечении образца необходимо сделать не менее 5 замеров твердости в одном направлении с учетом того, чтобы расстояния между двумя соседними замерами были не менее трех длин диагонали отпечатков, а от края шлифа - не менее двойной длины диагонали отпечатков;
2. Нагрузка задавалась максимальной, чтобы снизить погрешности, связанные с неоднородностью материала, поверхностным наклепом, оставшимся от обработки микрошлифа, и неточностью измерения.

В результате вышеизложенного для определения микротвердости была применена нагрузка для данной толщины и свойств исходного материала - 0,2 Н.

Для определения интенсивности деформации по твердости образца использовали тарировочный график. Его строили по результатам испытания образцов, подвергнутых растяжению. Определение микротвердости в образце с канавкой и в растянутых образцах производилось с одной и той же нагрузкой. Для определения микротвердости производилось не менее 10 замеров на каждом образце. Обработка экспериментальных данных проводилась по формулам математической статистики, которая позволила установить, что достоверность полученных значений твердости составляет 90%.

Результаты исследований показали, что распределение твердости по сечению канавки неравномерное. Кроме того, характер распределения твердости значительно меняется при возрастании относительной глубины канавки в материале. При относительно небольшой глубине канавки ($\Delta h/h = 0,21$) наибольшая твердость имеет место над срединной поверхно-

стью, а наименьшая твердость наблюдается вблизи внешних поверхностей.

Это явление можно объяснить наличием застойных зон в деформируемом материале, которые возникают вследствие возникающего трения между инструментом и деформируемым листом.

При относительной глубине канавки $\Delta h/h = 0,54$ значение максимальной твердости находится на срединной поверхности. Она убывает в направлениях к внешним поверхностям.

Твердость не остается постоянной и по ширине канавки. Наибольшая твердость имеет место по оси канавки и ее значения постепенно снижаются к границам канавки.

Имея данные о распределении твердости по сечению канавки и тарировочный график зависимости изменения твердости от величины накопленной деформации, определялась интенсивность деформации в точках замера твердости.

График зависимости осредненного по площади сечения значения интенсивности деформации ε от относительной глубины $\Delta h/h$ представлен на рисунке 5. Из него видно, что зависимость имеет нелинейный характер, и поэтому допущение о том, что процесс формирования дна канавки можно рассматривать как простую осадку, неприемлемо.

Практический интерес представляет определение интенсивности деформации при относительной глубине внедрения $\Delta h/h$ равной 0,30.

Такая величина относительной глубины внедрения является оптимальной, так как в этом случае изгиб происходит только в зоне канавки. Для данной глубины канавки интенсивность деформации составляет приблизительно 0,24.

Заключение

При профилировании оцинкованной ленты с внутренним радиусом, близким к нулю, целесообразно выдавливать технологическую канавку глубиной 0,27-0,3 толщины профилируемого материала. При этом величина накопленной деформации будет равна $\sim 0,24$. Данной методикой определения накопленной деформации при сложном нагружении целесообразно пользоваться и при других технологических процессах [6-8]. Точность данного метода несколько снижается при определении деформации у поверхностных слоев материала [9, 10]

Литература

1. Давыдов В.И., Максаков М.П. Производство гнутых тонкостенных профилей методом профилирования на роликовых станках. М.: Металлургиздат, 1959, 233с.
2. Типалин С.А. Исследование и разработка методики расчета процесса профилирования ленты при локальном формоизменении. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук М.: МАМИ, 1998. 181 с.
3. Дель Г.Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости. М., Машиностроение, 1971. 200с.
4. Бондарь В.С., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф. Вязкопластический изгиб и скручивание листа. М. МГТУ «МАМИ», 2003. 168с.
5. Типалин С.А. Гладков В.И., Власов А.И., Никитин М.Ю. Моделирование конструкции клапанной крышки двигателя на основе применения клеевых соединений. / Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ "МАМИ", № 1 (5), 2008. с. 201-206.
6. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Гладков В.И., Никитин М.Ю. Исследование обтяжки с растяжением листового материала. / Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ "МАМИ", № 1 (5), 2008. с. 206-212.
7. M. Petrov, S. Tipalin, J. Best, P. Petrov, N. Kosatschjov, S. Guk. Umformen eines Verbundwerkstoffs aus Stahlblechen. / Kondtruktion // Ingenieur-Werkstoffe 7/8-2012, S.5-7.
8. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Унифицированные технологии изготовления штампов с применением электрофизических методов обработки. / Металлообработка 2010. № 2. с. 42-45.

9. Зинина И.Н., Пиманов М.В. Влияние поверхностной энергии металлических образцов на прочность клеевых соединений. / Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. М., МГТУ "МАМИ", 2011. № 2. с. 127-130.
10. Петров М.А., Петров П.А., Калпин Ю.Г. Численное исследование трения при высадке с радиальным выдавливанием деталей типа «стержень с утолщением» из алюминиевого сплава АД1. / Известия МГТУ «МАМИ», № 1 (13), 2012, с. 200-210.

Механическая обработка с применением активированного воздуха

к.т.н. доц. Чекалова Е.А., Чекалов П.Д.
Университет машиностроения, МГТУ «Станкин»
Melou666@mail.ru (916) 102-22-94

Аннотация. Предложен метод повышения износостойкости металлорежущих инструментов путем применения активированного воздушного потока. Представлены результаты исследований влияния озонированного воздуха на интенсивность износа быстрорежущего и твердосплавного инструмента.

Ключевые слова: металлорежущий инструмент, метод повышения износостойкости, применение активированного воздушного потока

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) играют важную роль как в повышении срока службы инструментов, так и в повышении качества обработанных поверхностей изделий [6, 7]. Несмотря на то что к настоящему времени существует большое количество СОТС в металлообработке, механизм их действия до сих пор остается под вопросом. Наши знания ограничены проявлением эффекта пластифицирования и охрупчивания, сформулированного академиком Ребиндером, гипотезой каталитического распада СОЖ, предложенной профессором Епифановым и теорией радикально-цепных реакций, сформулированной профессором Латышевым. В соответствии с этим выявление механизмов функционирования СОТС при резании металлов является актуальной научной проблемой. Вместе с тем ужесточение экологических требований при использовании СОТС заставляет применять экологически безопасные составы. Так, в качестве СОТС использовали воздушный поток, который подвергается коронному разряду, проходя через внутренний воздуховод [1, 2, 3, 4, 5].

В результате воздушный поток, получив дополнительную энергию, переходит в метастабильное состояние. Данное состояние характеризуется ослаблением или частичным нарушением внутримолекулярных связей, т.е. стимулирует деструкцию с образованием активных атомов, радикалов и групп, поскольку воздух состоит из азота, кислорода и инертных газов. Именно активные элементы образуют в зоне контакта оксидные пленки, которые, в свою очередь, экранируют адгезионное взаимодействие поверхностей инструмента и обрабатываемого материала.

Для получения активированного воздуха была разработана установка и технология, которая позволяет решить задачу повышения износостойкости режущего инструмента.

Данное устройство позволяет изменять количество заряженных частиц за счет управляемого датчика напряжения и давления воздуха.

Для оценки эффективности процесса упрочнения режущего инструмента были проведены производственные испытания. Экспериментальные исследования по выявлению эффективности проводили на станке Liechti с ЧПУ.

Производственные испытания проводились на заводе ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют» с использованием современной контрольно-измерительной аппаратуры.

В качестве объекта исследований использовали твердосплавные фрезы ВК10ХОМ ($R < 1^\circ$; $Z=6$) для черного фрезерования титановых лопаток ВТ6. Критерием затупления является износ по задней поверхности зуба.

Результат исследований показан на рисунок 1.

В результате исследований установлено, что износостойкость активированных возду-