

УДК 621.771.22/69.2

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА РАСКРОЯ ЛИСТОВОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ЗАГОТОВКИ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКЕ**

© 2015 Ф.В. Гречников, Ю.С. Горшков, А.М. Мишин

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

Статья поступила в редакцию 06.11.2015

Рассмотрены преимущества и недостатки основных способов раскряя, применяющихся в заготовительно-штамповочных цехах для получения плоских алюминиевых заготовок. Исследовано влияние: фрезерования, резки сдвигом, лазерного раскряя на трещинообразование края заготовки после ее последующей гибки в инструментальном штампе. Даны рекомендации по повышению технологических свойств заготовки с целью снижения вероятности образования трещин при ее дальнейшем формообразовании.

**Ключевые слова:** заготовка, фрезерование, резка сдвигом, лазерный раскрай, технологическая пропа на изгиб, трещинообразование.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в заготовительно-штамповочных цехах для получения алюминиевых заготовок наиболее широко используются следующие способы: фрезерование, резка сдвигом, лазерный раскрай, гидроабразивная резка [1].

Фрезерованные заготовки, благодаря высокой жёсткости, а также точности базирования в приспособлениях, обладают наиболее точными геометрическими формами. В то же время производительность процесса не высока. Существуют трудности при закреплении крупногабаритных листов на станке. Минимальный радиус обработки ограничивается размером инструмента. При фрезеровании возникают отходы в виде стружки. На заготовке образуются заусенцы. Различают встречное и попутное фрезерование, фрезерование торцевыми и цилиндрическими фрезами [2, 3].

Резка сдвигом реализуется на гильотинных и дисковых ножницах или в штампах для вырубки пробивки [4]. Следует отметить высокую производительность обработки и качество реза, возможность работать в автоматическом режиме. Недостатками способа являются: ограничения по типу металла и толщине разрезаемого листа, невысокая точность получаемых полос и, как следствие, большие допуски в сравнении с фрезерованием и лазерной резкой. При резке на гильотинных и дисковых ножницах невозможно выполнить фигурную резку.

*Гречников Федор Васильевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой «Обработка металлов давлением».*

*Горшков Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Обработка металлов давлением».*

*E-mail: usgorshkov@yandex.ru*

*Мишин Александр Михайлович, студент.*

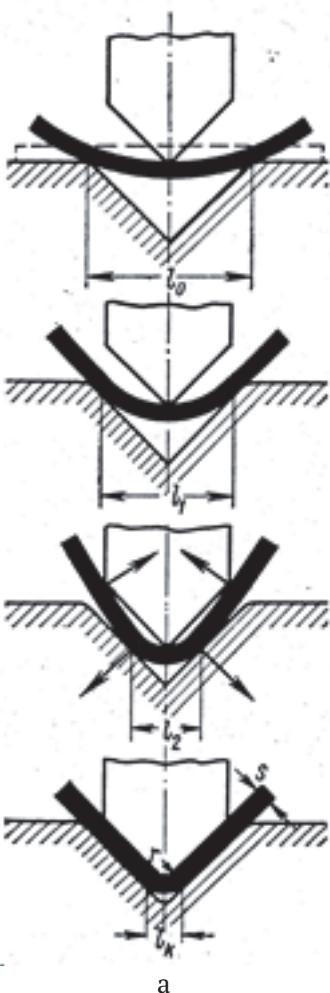
*E-mail: suhloh@mail.ru*

Резка лазером чаще реализуется на твердотельных ИАГ-лазерах [5]. При этом обеспечивается высокая производительность процесса в сочетании с высокой точностью и качеством поверхностей реза, малая ширина реза. Таким способом можно разделять легкодеформируемые и нежесткие заготовки. Имеется возможность осуществлять лазерный раскрай плоских заготовок по сложному контуру с высокой степенью автоматизации процесса. Одним из существенных недостатков лазерного раскряя является наличие зоны температурного влияния в месте воздействия лазерного пучка которая приводит к изменению свойств материала «кромки» заготовки [6]. Кроме этого на заготовке образуются заусенцы, требующие удаления, а максимально возможная толщина реза зависит от мощности установки. Гидроабразивная резка одна из прогрессивных технологий резки металла. Она характеризуется высокой скоростью обработки и качеством реза. При этом отсутствует нагрев заготовок, что существенно снижает деформацию и изменение структуры обрабатываемого материала. К недостаткам метода следует отнести высокую стоимость обработки, низкую стойкость некоторых деталей установки и коррозию заготовки [7].

После получения листовой заготовки выше перечисленными методами следует ее формоизменение посредством пластической деформации. При этом в некоторых случаях в зоне действия растягивающих напряжений на торце изделия наблюдалось возникновение трещин.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследовалось влияние: фрезерования, резки на гильотинных ножницах, а также лазерной резки. Для моделирования влияния способа получения заготовок на трещинообразование



а



б

Рис. 1. Технологическая проба на изгиб:

а – схема гибки в универсальном инструментальном штампе; б – оснастка для реализации процесса гибки

использовалась технологическая проба на изгиб. Плоские образцы из сплава АМГ6 в отожженном состоянии с размерами 1,5\*20\*40 мм подвергали гибке на радиус 2,5 мм с углом 90 градусов в универсальном инструментальном штампе по схеме в соответствии с рис. 1.

Гибка образцов осуществлялась на винтовом прессе. При гибке учитывалось положение образцов в штампе относительно направления воздействия лазерного пучка на заготовку при ее раскрытии. Наличие трещин на наружной поверхности в зоне изгиба фиксировали при помощи оптического микроскопа Метам ЛВ-32 при увеличении 50 - 200 крат. Использование большего увеличения из-за заваливания краев образца оказалось затруднительным.

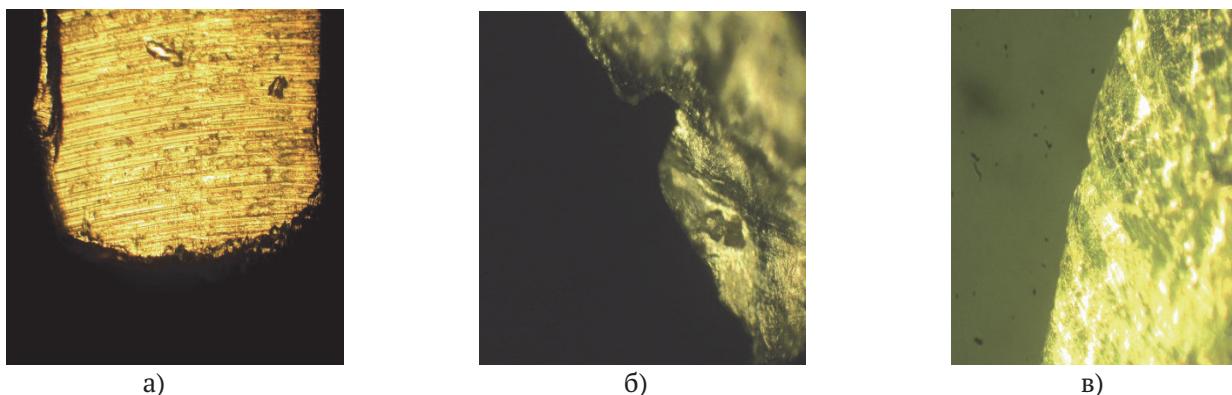
Фрезерование производилось торцевыми и цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали на станке 6Р12 со скоростью вращения 500 и подачи 40 мм/об. Резка на гильотинных ножницах осуществлялась на прессе. Для лазерной резки использовалась установка «TruLazer3030» в режиме работы: мощность  $W= 2600$  вт, скорость подачи  $V=1200$  мм/мин, диаметр сопла 2,3 мм, расстояние до сопла 8 мм, газ – атмосферный воздух давлением 5 бар, количество импульсов 10000 с-1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При фрезеровании торцевыми фрезами глубокие следы от зубьев после обработки располагаются поперек заготовки и становятся концентраторами напряжений для образования трещин. На входе зуба край заготовки немного заваливается, а на выходе край острый и на нем образуется заусенец. При испытании образца, полученного таким способом, на торце возникают трещины. Причем на образце с острым краем и заусенцем, расположенным с наружной стороны радиуса гиба количество и размер трещин больше (см. рис. 2). Таким образом, наличие острого края с заусенцем способствует трещинообразованию. Заусенец необходимо удалять, например методом скальпирования.

В зависимости от вида фрезерование заусенец может образовываться с одной или с двух сторон. При обработке торцевыми фрезами заусенец будет образовываться только с одной стороны, но при этом может возникнуть след от зубьев фрезы на противоположной стороне, которые не принимают участие в резании. Данный след создаёт дополнительные условия для появления трещин.

При фрезеровании цилиндрическими фрезами следы зубьев после обработки располагаются вдоль



**Рис. 2.** Торцевая поверхность заготовки:

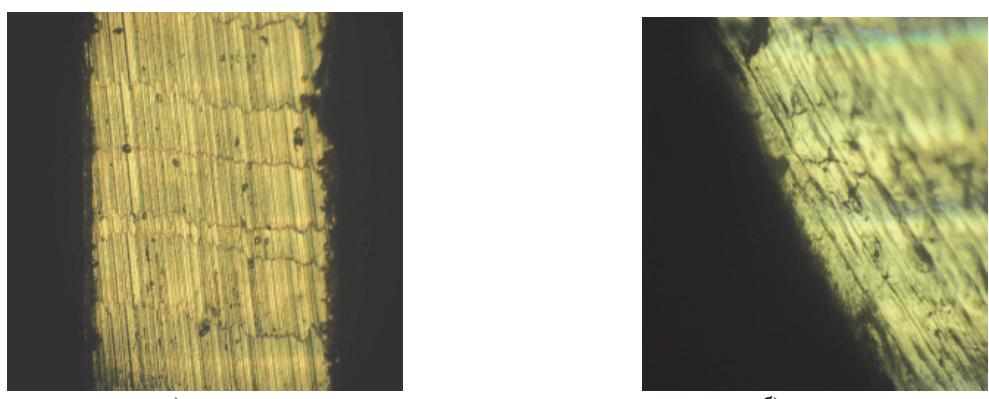
а – после обработки торцевой фрезой; б – после технологической пробы на изгиб заусенцем наружу;  
в – то же заусенцем вовнутрь

образца и не выходят поверхность. Вместе с тем за счет периодичности процесса – смены вращающегося зуба, на поверхности образуются поперечные «наплывы» и «впадины», которые могут создать определенные условия для образования трещин. При гибке образца обнаружены редкие трещины (см. рис. 3). В случае обработки цилиндрическими фрезами заусенец будет образовываться с 2х сторон от зоны резания, но он будет меньше. Положение образца в штампе не влияет на трещинообразование.

При раскрое на гильотинных ножницах торцевая поверхность заготовки состоит из зоны пластической деформации и зоны скола. Края

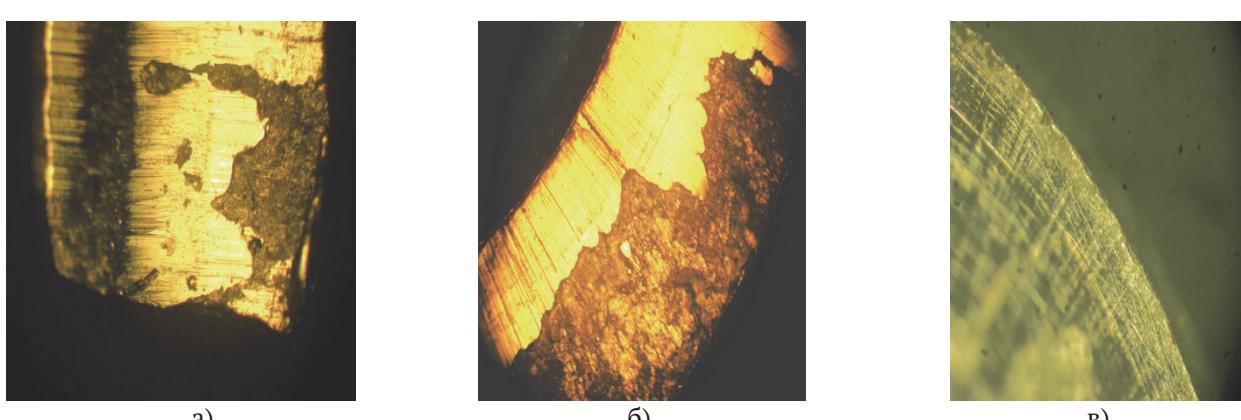
заготовки завалены. На самой поверхности образуются неглубокие риски. При технологической пробе на изгиб трещин не обнаружено (см. рис. 4) Положение заготовки в штампе не влияет на трещинообразование.

В результате лазерной обработки торцевая поверхность не ровная с двумя различными радиусами по краям. Со стороны входа лазерного пучка радиус больше, со стороны выхода меньше. На торце образуются борозды в результате выдувания расплавленного металла из зоны реза. Застывшие капли жидкого металла на нижней кромке заготовки превращаются в грат-заусенец. При гибке образцов, по-



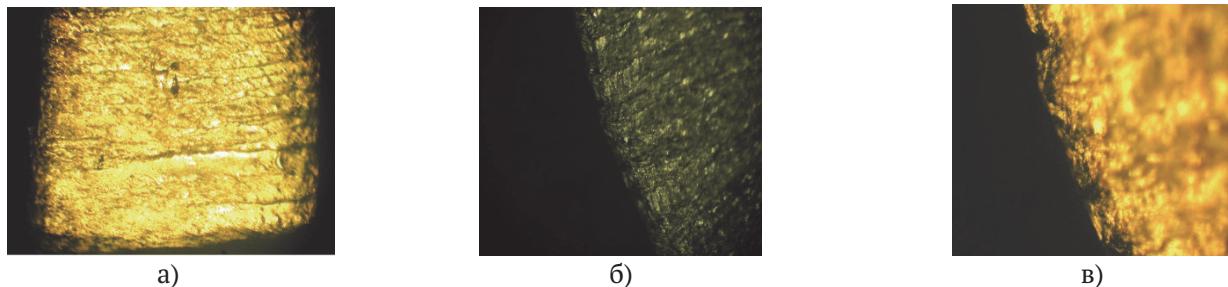
**Рис. 3.** Торцевая поверхность заготовки:

а – после обработки цилиндрической фрезой, б – после технологической пробы на изгиб заусенцем наружу



**Рис. 4.** Торцевая поверхность заготовки:

а – после резки на гильотинных ножницах, б – после технологической пробы на изгиб



**Рис. 5.** Торцевая поверхность заготовки: а) после резки лазером, б) после технологической пробы на изгиб со стороны захода лазерного пучка в) со стороны выхода лазерного пучка

лученных данным способом, отмечено интенсивное трещинообразование со стороны выхода лазерного пучка. Со стороны входа лазерного пучка также были зафиксированы трещины, однако они были более редкими и менее глубокими (см. рис. 5).

## ВЫВОДЫ

1. Способ раскроя заготовки оказывает значительное влияние на ее возможное трещинообразование в процессе дальнейшей пластической деформации.

2. На образование трещин, из-за различия характеристик поверхности после раскроя, оказывает влияние положение заготовки в штампе.

3. При проектировании технологического процесса холодной листовой штамповки для уменьшения вероятности образования трещин необходимо учитывать положение заготовки в штампе относительно направления раскроя.

4. После технологической пробы на изгиб плоской заготовки полученной способами фрезерования и лазерной резки в месте изгиба на наружной поверхности кромки наблюдалась трещина. При резке заготовки на гильотинных ножницах трещин не обнаружено.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиастроение: Летательные аппараты, двигатели, системы, технологии [под ред. А.Г. Братухина]. М.: Машиностроение, 2000. 536 с.
2. Кравченко Б.А., Митряев К.Ф. Обработка и выносливость высокопрочных материалов. Куйбышев: Кн. изд-во. 1968. 132 с.
3. Evdokimov, D.V., Fedorov, D.G. and Skuratov, D.L. Thermal Stress Resarch of Processing and Formation of Residual Stress When End Milling of a Workpiece. World Applied Sciences Journal, 2014. 31(1): 51-55.
4. Романовский В.П. Справочник по холодной листовой штамповке. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1979.-520 с.
5. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов.- М.:Машиностроение,1989.-304 с.
6. Костенко А.И. Микроструктурный анализ зоны термического влияния после лазерной резки образцов листовых материалов и их механические характеристики / А.И. Костенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 46. – Х., 2010. – С. 114 – 127.
7. Джесси Рассел. Гидроабразивная резка . М.: Книга по требованию, 2013. 240 с.

## RESEARCH OF INFLUENCE OF THE WORKPIECE LAYOUT METHOD TO CRACKING AT DIE STAMPING

© 2015 F.V. Grechnikov, Yu.S. Gorshkov, A.M. Mishin

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

The advantages and disadvantages of the main ways of cutting used in harvesting and stamping shops for getting flat blanks of aluminium are considered in the article. We have investigated the influence of milling, shear cutting, laser layout on the crack formation of the workpiece after bending tool die. Recommendations for improving the technological properties of the workpiece in order to reduce crack formation for metal-forming processes are given.

*Keywords:* workpiece, milling, shear cutting, laser layout, technological bending test, cracking.

Fedor Grechnikov, Doctor of Technics, Professor,  
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,  
Head at the Metal Forming Department.

Yuri Gorshkov, Candidate of Technics, Associate Professor at  
the Metal Forming Department. E-mail: usgorshkov@yandex.ru  
Alexander Mishin, Student. E-mail: suhloh@mail.ru