

Таблица 7

Низкотемпературные свойства дизельной фракции из Талаканской нефти с депрессорно-диспергирующей присадкой Difron 3312

Проба	Концентрация присадки, % мас.дол.	Показатели	
		температура застывания, °С	предельная температура фильтруемости, °С
Без присадки	-	- 28	-17
1	0,02	-31	-27
2	0,05	-33	-28
3	0,1	-36	-31

жидкостные серии LOIP FT (FT-311-80)». Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 4–7.

Выводы

Надежность и долговечность техники зависят от качества применяемого топлива. Низкокачественное дизельное топливо может стать причиной преждевременного износа и выхода из строя топливного насоса и форсунок, снижения подачи топлива, изменения момента начала подачи в сторону запаздывания, ухудшения качества распыления топлива.

При эксплуатации в условиях низких температур происходит существенное изменение свойств применяемых горюче-смазочных материалов, теплового режима работы двигателя, агрегатов и систем автомобиля. В результате работоспособность транспортных машин снижается в 1,3–2,5 раза, выработка на 20–30%, суммарные простои увеличиваются на 30–50% и

как следствие возрастает себестоимость перевозок.

Применение депрессорной присадки Difron315 (концентрация присадки в % мас.дол. 0,55) улучшает свойства топлива, полученного из Талаканской нефти, ее температура застывания –53°С, предельная температура фильтруемости –39°С, что позволяет использовать это топливо при эксплуатации в условиях низких климатических температур.

Литература

1. Ишков А.М. Математическая ритмология в работоспособности техники на Севере. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 320 с.
2. Ишков А.М., Кузьминов М.А., Зудов Г.Ю. Теория и практика надежности техники в условиях Севера. – Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. – 313 с.
3. Агаев С.Г., Глазунов А.М., Гулятьев С.В. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив. – Тюмень, 2009. – С.151.
4. Сафонов А.С., Ушаков А.И. Автомобильные топлива: химмотология. Эксплуатационные свойства. – СПб.: НПИКЦ, 2002. – С.243.
5. Митусова Т.Н. Новые требования к качеству дизельных топлив // Нефтехимия и нефтепереработка. – 2000. – № 1. – С. 19–21.
6. Получение низкозастывающих дизельных топлив из денормализаторов процесса Парекс / Б.А. Энглин, В.Г.Николаева, Т.Н.Митусова и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. –1978. –№ 1. –С.1–4.
7. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. – М.: Химия, 1990. – 238 с.

Поступила в редакцию 26.08.2014

УДК 621.785:621.947.2

Применение лазерной резки для изготовления корпуса хомуса (варган) из листовой стали

М.П. Лебедев, С.Н. Махарова, С.П. Яковлева, А.Р. Александров*

Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

**Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск*

Представлен запланированный цикл статей, посвященных материаловедческим исследованиям металлических изделий современной национальной культуры, а также орудий труда, предметов вооружения и быта, изготовленных в прошлом местными кузнецами. Эти исследования проводятся в порядке оказания технической помощи народным мастерам, краеведам, исследователям металлургии

ЛЕБЕДЕВ Михаил Петрович – д.т.н., член-корр. РАН, директор administration@iptpn.ysn.ru; МАХАРОВА Сусанна Николаевна – к.т.н., в.н.с., snmachar@mail.ru; ЯКОВЛЕВА Софья Петровна – д.т.н., проф., зав. отделом, spyakovleva@yandex.ru; *АЛЕКСАНДРОВ Александр Романович – н.с.

ческой культуры якутов. Якутские хомусы пользуются особой популярностью, и возникает необходимость серийного выпуска качественных «певучих» хомусов с использованием современных технологий металлообработки. В связи с этим в данной работе рассмотрены металлургические аспекты применения лазерной резки для ускорения процесса изготовления заготовки корпуса хомуса. Исследовано влияние лазерной резки на структуру металла корпуса хомуса. Проведен сравнительный анализ изменения микроструктуры и микротвердости у поверхности реза металла корпуса хомуса после лазерной и механической резки. Определена толщина зоны лазерного воздействия. Установлено, что для резки заготовок корпуса хомусов можно использовать лазерную резку, обеспечивающую высокую производительность процесса в сочетании с высоким качеством поверхностей реза.

Ключевые слова: листовая сталь, заготовка корпуса хомуса, лазерная резка, металлографический анализ, микроструктура, микротвердость.

The present work opens a planned series of articles devoted to materials research of metal products of modern national culture, instruments of work, weapons and household items made in the past by local blacksmiths. These studies are conducted in order to provide technical assistance to national masters, local historians, researchers of a metallurgical culture of the Yakuts. Yakut khomuses are very popular and there is a need of serial production of quality "melodious" khomuses using modern technologies of metal processing. In this context, this paper discusses metallography aspects of the application of laser cutting to accelerate a process of manufacturing a workpiece of khomus body. Influence of laser cutting on metal structure of khomus body was investigated. A comparative analysis of changes in the microstructure and microhardness of a cut surface of metallic khomus body after laser and mechanical cutting is conducted. The thickness of a laser affected zone is defined. It is established that for cutting workpieces of khomus body it is possible to use a laser cutting, which provides high efficiency of the process in combination with high quality of cut surfaces.

Key words: sheet steel, workpiece of khomus body, laser cutting, metallographic analysis, microstructure, microhardness.

Введение

Академик В.П. Ларионов всегда поддерживал народных мастеров-изготовителей, кузнецов и не переставал удивляться, восхищаться их чувству металла, природному таланту: «Как специалист по металлам, которого к работе с металлами обучали специально более пяти лет, а затем более четверти века занимающемуся исследованиями металлов, я не перестаю удивляться и восхищаться чувству металла, природному таланту, граничащему в области обработки металлов с волшебством, — наших мастеров-умельцев, якутских кузнецов» [1]. Эта инициатива В.П. Ларионова продолжается его преемниками и учениками. В порядке оказания технической помощи народным мастерам, краеведам, исследователям металлургической культуры якутов изучены технологические вопросы изготовления металлических изделий современной национальной культуры, а также орудий труда, предметов вооружения и быта, выкованных местными кузнецами прошлых столетий. Принято решение подготовить цикл статей, посвященных материаловедческим исследованиям изготовления металлических объектов национальной культуры и быта.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к якутской хомусной музыке, по мнению знатоков варганного искусства, лучшими в мире считаются якутские хомусы. В связи с

этим якутские хомусы пользуются особой популярностью, и остро стоит вопрос об увеличении количества качественных «певучих» инструментов, т.е. речь идёт о необходимости серийного выпуска хомусов с использованием современных технологий металлообработки.

В данный момент продолжают работы по усовершенствованию технологических процессов изготовления хомуса, в частности, по ускорению процесса изготовления заготовки корпуса хомуса с помощью лазерной резки. Однако внедрение этой технологии в процессе изготовления хомуса требует проведения предварительного комплекса исследования влияния воздействия лазерного луча на структуру материала, подвергаемого лазерной резке. В связи с этим целью данной работы явилось исследование влияния лазерной резки на структуру металла корпуса хомуса в зоне реза.

Краткие сведения о технологиях изготовления корпуса хомуса. Якутский хомус – разновидность варгана, состоит из двух частей: корпус имеет вид кольца с двумя прямыми концами, которые имеют четыре грани, называемые внутренними и внешними щечками. Между ними расположен язычок, который имеет колено и закругленный кончик. Основным требованием, предъявляемым к корпусу хомуса, является его достаточная прочность и массивность кольца для того, чтобы сделать к нему надежное крепление язычка.

Традиционная технология изготовления корпуса хомуса. Корпусы хомуса по традиционной технологии изготавливаются путем ручнойковки, при этом подразделяются на кованые (выковывается форма корпуса хомуса), полукованные (выковывается заготовка, которую впоследствии изгибают, придавая необходимую форму) и гнутые (металлический прут изгибается до требуемой формы). В результатековки на поверхности заготовки остаются следы ударных и подкладных инструментов, такая поверхность требует выравнивания. Дальнейшие операции по формированию внутренних и внешних шёк корпуса хомуса производятся вручную с помощью напильников. Опиливанием достигаются требуемые размеры, форма и шероховатость поверхностей обрабатываемой заготовки корпуса хомуса. Таким образом, традиционная технология изготовления корпуса хомуса выполняется вручную, является трудоемким и длительным процессом.

Технология изготовления корпуса хомуса из листовой стали. В 1997 г. мастер-изготовитель хомуса И.Н. Готовцев разработал авторскую станочную технологию изготовления корпуса хомуса из листовой стали [2]. Технология состоит из нескольких технологических и вспомогательных операций, выполняемых на металло-режущих станках: нарезание прямоугольных пластин из листовой стали на гильотине; сверление и рассверливание на токарных станках кольца корпуса хомуса; нарезание на фрезерном станке центрального канала под язычок. Придание окончательной формы корпуса хомуса производится на электроточиле или с помощью ножовки. При этом каждая поверхность реза требует дополнительной обработки: опиление, шлифование, полирование. В связи с этим доводка чистоты поверхности производит-

ся вручную с помощью напильников, абразивных шкурок различной зернистости. Таким образом, данная технология позволяет механизировать процесс изготовления заготовки корпуса хомуса, придать корпусу декоративную фигурную форму по дизайну мастера. Однако при многих достоинствах этого процесса существуют значительные недостатки, связанные с низкой производительностью, высокой стоимостью отрезного инструмента, трудностью или невозможностью раскроя материалов по сложному криволинейному контуру.

В настоящее время Готовцев И.Н. для автоматизации и ускорения процесса изготовления корпуса хомуса предложил применить лазерную резку. Лазерная резка металла основана на принципе концентрации лазерного луча на поверхности обрабатываемой детали. Луч лазера (генератора мощного оптического излучения) концентрируется на поверхности детали на площади, исчисляемой квадратными микронами и создает область повышенной температуры (рис. 1, а). В результате поверхность металла разогревается, расплавляется и испаряется. Как правило, лазерная головка, управляемая компьютером станка, перемещается над поверхностью обрабатываемого металла (рис. 1, б). Металл, независимо от жёсткости и толщины, может быть разрезан по сложному контуру с высочайшей точностью, недостижимой при механической обработке – до 0,05–0,08 мм. При лазерной резке отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал и возникают минимальные деформации, как временные в процессе резки, так и остаточные после полного остывания [3]. При этом можно получить идеальную поверхность реза с минимальной зоной термического влияния.

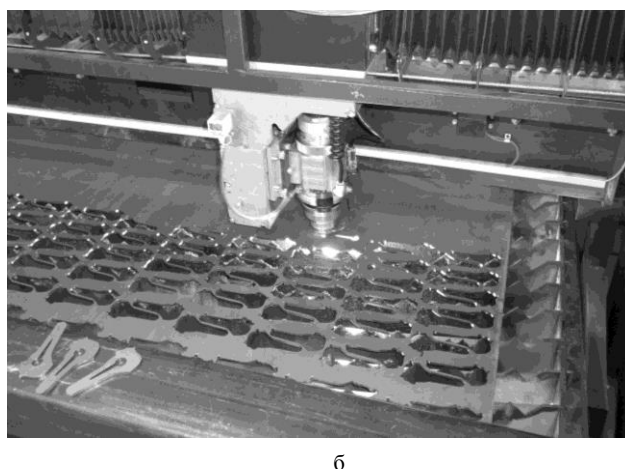
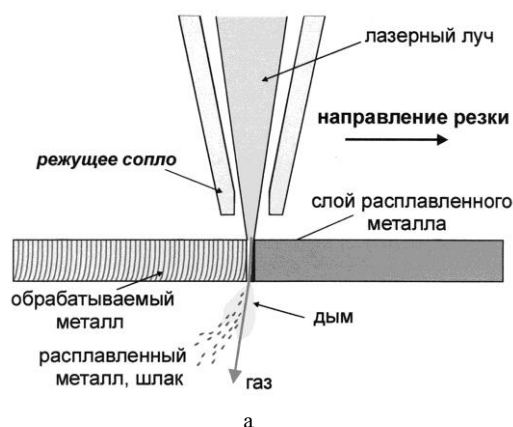


Рис. 1. Схема процесса (а) и применение технологии лазерной резки в изготовлении корпуса хомуса (б)

Материал и методы исследования. Объект исследования – заготовка корпуса хомуса (варгана), изготовленная народным мастером И.Н. Готовцевым по разработанной им станочной технологии с применением лазерной резки.

Лазерная резка заготовок корпуса хомуса проведена на автоматизированном лазерном технологическом комплексе Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН.

На рис. 2 показана заготовка корпуса хомуса, изготовленная лазерной резкой, штриховыми линиями отмечены области вырезки образцов для металлографических исследований. Стрелкой показано место механического реза пилой-ножовкой, выполненного для проведения сравнительного анализа изменений структуры металла в результате воздействия лазера и традиционного способа подготовки корпусов хомусов.

Для исследования микроструктуры были изготовлены поперечные шлифы – образцы разрезали перпендикулярно поверхности реза. При подготовке поперечных шлифов во избежание «заваливания» наружной и внутренней кромок образцов при шлифовании и полировании, все они были установлены в полые цилиндрические «державки» и залиты сплавом Вуда. Далее шлифование проводили на наждачной бумаге в порядке убывания зернистости, полирование – алмазной пастой. Составляющие структуры выявляли травлением в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты.

Для определения химического состава листового металла использован спектрометр «Foundry-master». Среднее значение содержания химических элементов получено по результатам трех измерений.

Изучение микроструктуры проведено методами оптической микроскопии с помощью металлографических микроскопов «Neophot-32» и «Axio Observer D1».

Значения микротвердости замерены на приборе «ПМТ-3М» при нагрузке на индентор 0,5 Н и времени выдержки 10 с.

Результаты и обсуждение. *Химический состав металла.* В таблице представлены результаты спектрального анализа металла хомуса, представляющего собой углеродистую сталь обыкновенного качества марки Ст3сп (также приведен состав этой стали по ГОСТ 380-94).

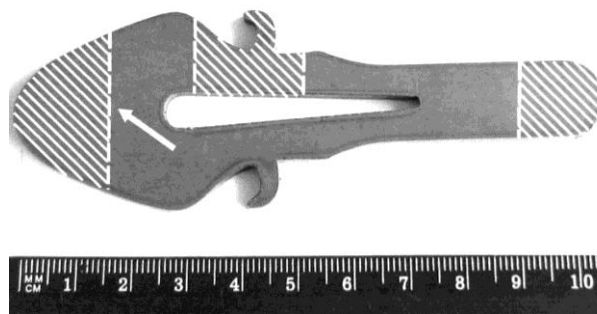


Рис. 2. Схема вырезки образцов: пунктирной линией отмечены места вырезки образцов для исследований; стрелкой – место механического реза (ножовочным полотном)

Сталь углеродистая обыкновенного качества выпускается в виде проката (прутки, балки, листы, трубы и т.п.). Сталь марки Ст3сп широко применяется в строительстве для изготовления металлоконструкций.

Микроструктура и глубина зоны воздействия лазера. Основная структура корпуса хомуса имеет обычное для стали Ст3 ферритно-перлитное строение, размер зерна соответствует 7–8 баллам, микротвердость ~1510 МПа.

При лазерной резке поверхностный слой металла практически мгновенно нагревается и столь же мгновенно охлаждается, что приводит к возникновению в приповерхностной зоне закалочных структур повышенной твердости (до 3570 МПа); далее располагается мелкозернистая зона, переходящая в зону основной структуры металла корпуса (рис. 3, а). Глубина зоны воздействия лазера ~ 0,5 мм.

Микроструктура металла хомуса при механическом способе резки не претерпевает су-



Рис. 3. Микроструктура металла под поверхностью лазерного реза (а) и под поверхностью механического реза (б), x250

Химический состав металла корпуса хомуса

Материал	Содержание химических элементов, %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Cu	Fe
Образец корпуса хомуса	0,15	0,20	0,46	0,015	0,06	0,02	0,02	0,08	Ост.
Ст3сп (ГОСТ 380-94)	0,14–0,22	0,15–0,30	0,40–0,65	≤0,30	≤0,30	≤0,04	≤0,05	≤0,30	– // –

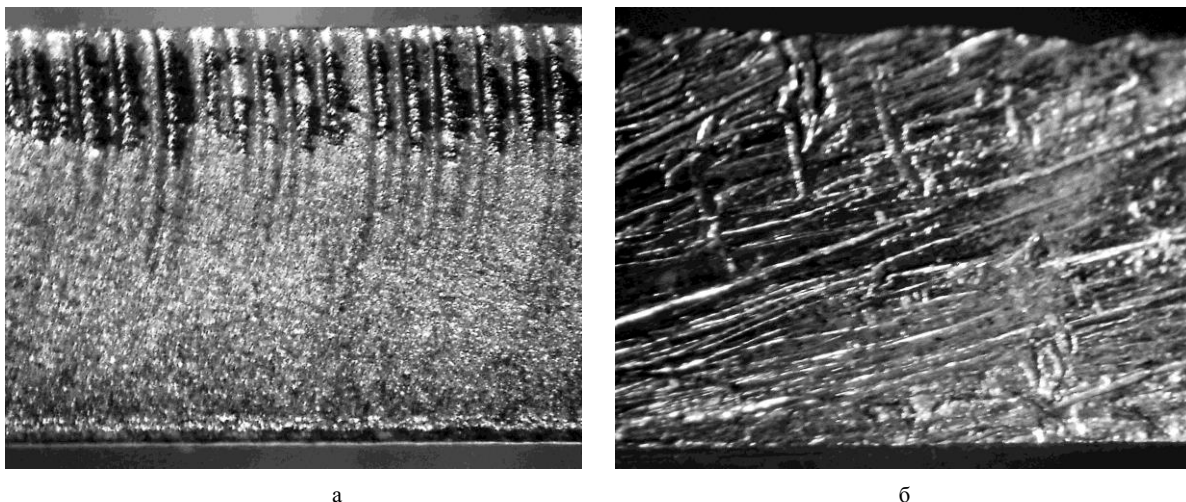


Рис. 4. Качество поверхности реза после лазерной резки (а) и после механической резки (б)

пещественных изменений (рис. 3,б), что подтверждается значениями микротвердости, которая у поверхности реза и по глубине образца сохраняется неизменной и составляет ~ 1510 МПа.

Поверхности реза. Поверхность лазерного реза корпуса хомуса имеет обычную для этого вида металлообработки чётко выраженную и относительно равномерную бороздчатую структуру (рис. 4), что свойственно лазерной резке на невысокой скорости (менее 2,5 м/мин). При увеличении скорости лазера линия реза получается более гладкой и ровной.

Как уже отмечалось выше, лазерная резка позволяет получать достаточно чистые кромки реза, т.е. не требуется дополнительная обработка его поверхности. В результате общий цикл изготовления корпуса хомуса значительно сокращается.

Выводы

Исследованный корпус хомуса, при изготовлении которого применена контурная лазерная резка, выполнен из углеродистой стали марки СтЗсп. Размер зерна стали соответствует 7–8 баллам, микротвердость ≈ 1510 МПа.

При механической резке ножовочным полотном заметных структурных изменений металла заготовок корпуса хомуса не выявлено, что подтверждается значениями микротвердости: микротвердость у поверхности реза и по глубине образца сохраняется неизменной, составляя 1510 МПа.

В отличие от механического способа изготовления корпуса хомуса, при использовании лазерной технологии у поверхности лазерного реза образуются закалочные структуры повышенной твердости: микротвердость этих участков

более чем в 2 раза выше исходной (3570 МПа против 1510 МПа). При использованном режиме лазерной резки заготовок корпуса хомусов глубина зоны воздействия лазера составила $\sim 0,5$ мм.

Таким образом, предложенная народным мастером И.Н. Готовцевым станочная технология изготовления корпусов хомусов с применением контурной лазерной резки обеспечила получение поверхностей реза достаточного качества в сочетании с высокой производительностью технологического процесса. Вопрос оценки акустических качеств – влияет ли упрочнение контура корпуса при лазерной резке на звучание хомуса? – остается открытым для обсуждения самими мастерами-изготовителями и исполнителями-импровизаторами.

Авторы выражают искреннюю благодарность за содействие в изготовлении заготовок корпуса хомуса лазерной резкой: академику РАН В.М. Фомину, д.ф.-м.н., директору Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, проф. А.М. Оришчу, д.ф.-м.н., зам. директора по научной работе Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН.

Литература

1. Ларионов В.П. Технические возможности изготовления хомуса на современном этапе // Материалы I Всесоюзной конференции «Варган (хомус) и его музыка». – Якутск: Полиграфист, 1991. – С. 93–101.
2. Готовцев И.Н. Новые технологии якутского хомуса. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2003. – 64 с.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.

Поступила в редакцию 31.01.2014