

**Марьин Б.Н., Грачева О.А., Сысоев О.Е., Макаров К.А., Марьин С.Б., Гаряев Р.Ф., Шпилев А.М., Шпорт В.И.** ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ И ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ПОСРЕДСТВОМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

**Марьин Б.Н., Грачева О.А., Сысоев О.Е., Макаров К.А., Марьин С.Б., Гаряев Р.Ф., Шпилев А.М., Шпорт В.И.**

**V.N.Maryin, O.A.Gracheva, O.E.Sysoyev, K.A.Makarov, S.B.Maryin, R.F.Garyayev, A.M.Shpilev, V.I.Shport**

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ И ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ПОСРЕДСТВОМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ВОДЫ**

**MANUFACTURING COMPONENT PARTS FROM SHEET AND TUBULAR BILLETS BY MEANS OF FREEZING WATER**

**Марьин Борис Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры МТЛП Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. maryinsb@mail.ru

**Mr. Boris N. Maryin** – Doctor of Engineering, Professor, Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). maryinsb@mail.ru

**Грачева Ольга Александровна** – аспирантка кафедры Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

**Ms. Olga A.Gracheva** – Head of Laboratory at the Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur).

**Сысоев Олег Евгеньевич** – кандидат технических наук, профессор, декан ФКС Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

**Mr. Oleg E. Sysoyev**, Professor, PhD in Engineering, Department of Cadastre and Civil Engineering

**Макаров Константин Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, начальник управления «ОАО «Сухой»

**Mr. Konstantin A. Makarov** – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department at the OJSC Sukhoy

**Марьин Сергей Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры МТЛП Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, maryinsb@mail.ru

**Sergey B.Maryin** – PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). maryinsb@mail.ru

**Гаряев Руслан Фасхатович** – студент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

**Mr.Ruslan F. Garyayev** – 1st Class Technician, Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur).

**Шпилев Анатолий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, ректор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

**Mr. Anatoly M. Shpilev** – Doctor of Engineering, Professor, Rector of the Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur).

**Шпорт Вячеслав Иванович** – доктор технических наук, профессор, губернатор Хабаровского края

**Mr. Vyacheslav I. Shport** – Doctor of Engineering, Governor of the Khabarovsk Region



**Аннотация.** Рассмотрены возможности формообразования листовых и трубных заготовок за счет фазового перехода воды в лед.

**Summary.** The paper considers the feasibility of tubular/sheet billet forming by way of «water – ice» phase transformation.

**Ключевые слова:** формообразование заготовок; фазовый переход воды в лед, формовка и отбортовка листовых заготовок, раздача трубы.

**Key words:** billet forming, phase transformation «water – ice»; forming and flanging sheet billets, expanding of pipes.

УДК 621.983.7.001.573

Важной проблемой в авиастроении является производство тонкостенных деталей из листов, профилей и труб.

В механике сплошной среды при анализе напряженного состояния одним из основных по форме тел является тетраэдр.

Для получения льда исходной средой является вода, в которой молекула воды представляет собой маленький диполь с положительным и отрицательным зарядами на полюсах. Так как масса и заряд ядра кислорода больше, чем у ядер водорода, то электронное облако стягивается в сторону кислородного ядра. При этом ядра водорода “оголяются”. Таким образом, электронное облако имеет неоднородную плотность. Около ядер водорода имеется недостаток электронной плотности, а на противоположной стороне молекулы, около ядра кислорода, наблюдается избыток электронной плотности. Именно такая структура и определяет полярность молекулы воды. Если соединить прямыми линиями эпицентры положительных и отрицательных зарядов, то получится объемная геометрическая фигура – правильный тетраэдр. С давних пор известно, что вода неоднородна по своему составу, что лёд плавает на поверхности воды, то есть плотность кристаллического льда меньше, чем плотность жидкости. Почти у всех остальных веществ кристалл плотнее жидкой фазы. К тому же и после плавления при повышении температуры плотность воды продолжает увеличиваться и достигает максимума при 4 °С.

Низкотемпературный фазовый переход из жидкого состояния вещества (вода) в твердое (лед) позволяет решать ряд сложных технических задач. При замораживании воды в закрытых сосудах за счет изменения ее плотности можно создавать в них высокие и сверхвысокие давления, осуществляя на этой основе различные технологические процессы, например, листовую штамповку, гидроэкструзию металлов, прессование порошковых материалов и т.д.

Общеизвестный факт, что вода при замерзании расширяется, можно использовать при штамповке деталей. На контейнер, заполняемый водой, устанавливают лист металла, сверху закрепляют матрицу установленной формы. Всю конструкцию замораживают, вода превращается в лед, который, расширяясь, выдавливает металл в матрицу, как мощный поршень. Данная технология очень проста и пригодна для формообразования деталей самых разнообразных габаритов и конструктивно-геометрических форм из различных сталей и сплавов. Может использоваться взамен технологии штамповки деталей эластичными средами, что позволит значительно снизить затраты на изготовление дорогостоящих рабочих инструментов, которые в процессе штамповки быстро изнашиваются.

### **Условие достаточного усилия деформирования**

При 4 °С вода имеет самую высокую плотность, именно при этой температуре целесообразно заполнение рабочей полости. При замерзании вода увеличивает свой объём на

10 %, следовательно, чтобы усилие деформирования было достаточным, объём полости матрицы  $V_m$  не должен превышать 10 % от объёма рабочей камеры  $V_{p.k.}$ :

$$V_m = 0,1V_{p.k.}$$

Вместо рабочего тела из эластичных материалов возможно использовать обычную воду при ее замораживании, так как при понижении температуры от 0 °С до -20 °С лед максимально расширяется. Таким образом, природную энергию расширения льда при его охлаждении можно использовать для деформирования заготовок, не пользуясь традиционными технологиями и приспособлениями, что позволит снизить себестоимость продукции на 20 – 25 %.

#### **Эксперимент 1. Формовка листовой заготовки.**

На рис. 1 показан штамп, который состоит из крышки 1 с рабочей полостью и контейнера 2. В крышке имеется полость для установки сменной матрицы 3. Прижим крышкой края листовой заготовки препятствует образованию гофров со стороны торца.

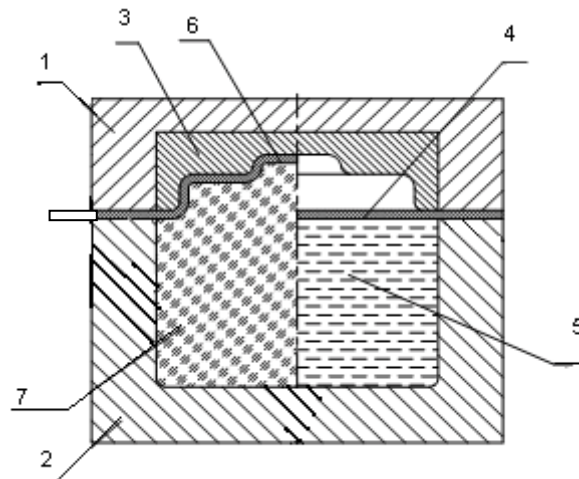


Рис. 1. Штамп для деформирования льдом листовой заготовки

Принцип действия:

В крышке 1 устанавливается матрица 3. Поверхность матрицы смазывается. Рабочая полость наполняется водой 5. На контейнере штампа располагается листовая заготовка 4. Затем на контейнере 2 крепится крышка штампа 1. Собранный и наполненный водой штамп помещается в морозильную камеру или в холодную среду. При фазовом переходе воды в твёрдое состояние (лёд 7) объём твёрдой фазы увеличивается, за счёт чего происходит деформация листовой заготовки в деталь 6.

#### **Эксперимент 2. Отбортовка отверстий в листовой заготовке.**

На рис. 2 изображено устройство для отбортовки отверстия в листовой заготовке.

Устройство состоит из крышки 1 и контейнера 2. В крышке имеется полость для установки сменной матрицы 3. Прижим крышкой края листовой заготовки препятствует образованию гофров со стороны торца.

Принцип действия:

Контейнер 2 заполняется водой 4, затем сверху устанавливается листовая заготовка 5 с предварительно просеченным отверстием. После чего крышка 1 с матрицей 3 монтируется на контейнер. Рабочая среда охлаждается и образующийся при этом лёд 6 производит отбортовку фланца.

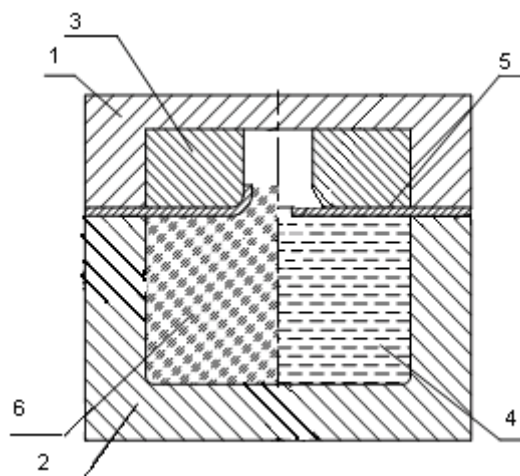


Рис. 2. Устройство для отбортовки отверстий в листовой заготовке

### Эксперимент 3. Раздача трубной заготовки.

Предлагаемый штамп (рис. 3) состоит из разъемной матрицы 1, установленной в жестком корпусе, состоящем из плиты основания 2, наружной обоймы 3, пуансона 4. В матрице 1 размещена трубчатая заготовка 5, внутри которой находится рабочее тело 6, выполненное из стержня льда.

Штамп работает следующим образом. В подготовленную матрицу 1 вставляют трубчатую заготовку 5, внутри которой размещено рабочее тело 6, выполненное из ледяного стержня. Посредством перемещения ползуна пресса с усилием  $P$  (на рис 3 не показан) перемещается пуансон 4. От пуансона 4 усилие  $P$  передается через рабочее тело в зону деформирования трубчатой заготовки, в результате чего происходит раздача трубы. Затем пуансон 4 поднимают вверх, производят разборку матрицы 1 и выемку готовой детали с рабочим телом 6, которое впоследствии растаивает за счет положительной температуры рабочего помещения. В результате решается поставленная задача.

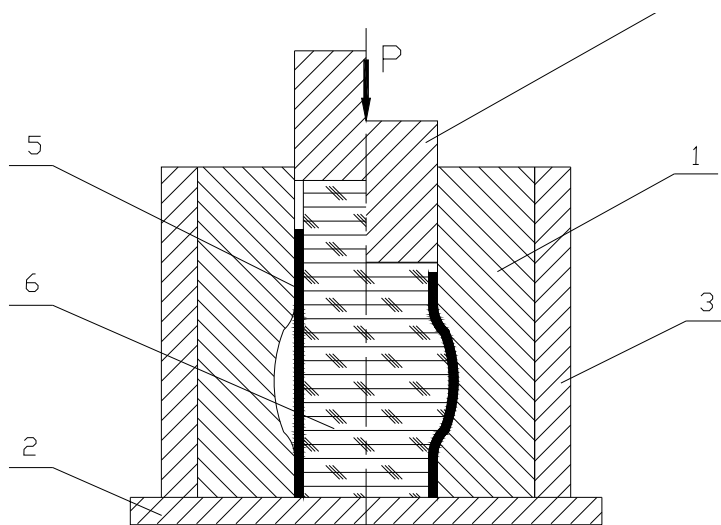


Рис. 3. Штамп для раздачи трубной заготовки

Для исследования возможностей рассмотренной технологии, т.е. использования энергии расширения льда при его охлаждении с целью формоизменения листовых заготовок, была изготовлена технологическая оснастка, показанная на рис. 4, которую можно использовать при изготовлении деталей различных форм и размеров.

а)



б)



Рис. 4. Технологическая оснастка для деформирования заготовок льдом:  
а – листовых; б – трубчатых

Работоспособность нового подхода продемонстрирована на рис. 5, где представлен результат деформирования листовой заготовки с помощью предложенной технологии.

а)



б)



Рис. 5. Опытный образец, изготовленный по разработанной технологии:  
а – чашка; б – муфта

Выполненная работа показала целесообразность проведения дальнейших экспериментально-теоретических исследований в разработке рассмотренных энерго- и ресурсосберегающих технологий в области машиностроения при формоизменении заготовок.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Массару Эмото. Послания воды: «Тайные коды кристаллов льда. Перев. С англ. М.ООО Издательский дом «София». 2005.
2. Пат. РФ № 95571 U1. Штамп для формовки листовых заготовок / Б. Н. Марьин, В.И. Шпорт, А.И. Евстигнеев, В.Н. Быченко, К.В. Волков, С.Б. Марьин. опубл. 10.07.2010 Бюл. №19.
3. Пат. РФ № 96801 U1. Рабочее тело для передачи усилия при раздаче полых и трубчатых заготовок / С.Б. Марьин, Б. Н. Марьин, В.М. Козин, В.И. Шпорт опубл. 20.08.2010 Бюл. №23.