



Скрябин С.А., Гунько И. В., Бубновская И.А.

Винницкий национальный аграрный университет. Украина, г. Винница

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ, С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЕНИ

Анотація

У статті приведені теоретичні і експериментальні дослідження нерівномірності плинку металу при вальцюванні в калібрах.

Відмічено, що нерівномірний плин металу при вальцюванні в калібрах супроводжується нерівномірним розподілом температури по поперечному і поздовжньому перерізам деформуючої заготовки, який спричинений геометричними співвідношеннями форми калібру і вальцюваної заготовки; контактною площиною між заготовкою і інструментом; ступеню обтиснення і опору деформації; тертям; температурою заготовки і поверхні інструменту; часом деформації.

Приведені рисунки нерівномірного розподілу температури по поперечному і поздовжньому перерізам вальцюваної заготовки в осередку деформації з урахуванням розвитку деформації в часі.

Abstract

Theoretical and experimental study of the metal flow irregularity at rolling in calibers.

It is specified, that the irregular metal flow at rolling in calibers is accompanied with uneven temperature allocation on the transversal and longitudinal sections of the deformed billet, caused by the geometrical correlation of form of the caliber and rolled billet, the area of contact between the billet and instrument, degree of compression and deformation resistance, friction, temperature of the billet and surface of the instrument as well as time of deformation.

The diagrams of the irregularity of temperature allocation on the transversal and longitudinal sections of the rolled billet in the zone of deformation subject to the deformation development in time are demonstrated.

Вступление

Актуальность разработки и внедрения малоотходных технологических процессов штамповки поковок из алюминиевых сплавов с применением про-

цесса вальцовки на предприятиях авиационной промышленности, обусловлена значительным применением в изделиях отрасли этих сплавов, повышенным расходом металла (КИМ 0,15–0,3), высокой трудоемкостью, длительным циклом изготовления качественных штампованных поковок (как правило, 2–3 штамповки с промежуточными операциями нагрева, обрезки облоя, травления, зачистки) и задачами по совершенствованию металлосберегающих технологий. Широкое использование алюминиевых сплавов определяется их техническими, физическими и механическими свойствами. Они должны обладать высокими статическими прочностными характеристиками (пределом прочности, пределом текучести, сопротивлением срезу), удовлетворительной пластичностью и термомеханическими характеристиками, что необходимо учитывать при разработке технологических процессов их горячего деформирования.

Вальцовка заготовок под последующую штамповку необходима как подготовительная операция объемной штамповки, служащая для перераспределения металла исходной заготовки, с целью: устранения чрезмерной неравномерности деформации, которая приводит к появлению на сложно обретенных штампованных поковках дефектов в виде складок, прострелов, зажимов, трещин, обрыва волокон и др. нарушений сплошности; неодновременного заполнения металлом полости штампа, которое вызывает излишние высокие усилия доштамповки; для устранения дефектов по не заполнению ручья штампа при штамповке крупно габаритных поковок; изготовления качественных штампованных поковок с высоким коэффициентом использования заготовки (КИЗ) и низкой трудоемкостью; изготовления некоторых видов профилей симметричного и ассиметричного сечения, а также заготовок с криволинейной осью, обеспечивает хорошую и всестороннюю проработку структуры, и, как следствие, уменьшает разброс свойств в объеме заготовки.

Данная работа выполнялась в соответствии с «Державною комплексною програмою розвитку авіаційної промисловості України до 2010 року». Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 12.12. 2001 р., № 1665-25.

Исследование неравномерности деформации

Деформация заготовки при вальцовке в калибрах сопровождается явно выраженной неравномерностью деформации металла по ширине и высоте заготовки, т.е. неравномерность процесса течения металла является результатом различной сосредоточенности пластической деформации в его объеме: на поверхности, боковой зоне и внутри вальцованной заготовки. Это подтверждается проведенными исследованиями автором работы [1].

Теоретическому анализу процессов ОМД уделено большое внимание, разработано значительное количество аналитических и экспериментально-аналитических методов определения деформирующих усилий и деформаций, характера перемещения металла при деформации. Эти методы успешно применяются в зависимости от требуемых условий при решении плоских и осесимметричных задач. Однако они не позволяют определить перемещение металла внутри исследуемой области (очага деформации) и неравномерность деформации в зависимости от геометрических соотношений калибра и вальцуемой заготовки при решении задач в трехмерном пространстве (объемной задачи).

Этот недостаток устраняется методом, разработанным д.т.н. С.А. Скрябиным на основе деформационной теории пластичности, мнимой координатной сетки, конечных разностей и переменного параметра упругости, метода теоретического исследования процесса течения металла при вальцовке заготовок объемным деформированием в очаге деформации с контуром произвольной формы и дискретно заданными граничными условиями [1]. Разработке этого метода предшествовали опубликованные работы [2–6].

Метод позволяет раскрыть картину перемещения металла на поверхности и внутри исследуемой области как для установившегося (деформация при постоянном обжатии), так и не установившегося (деформация с нарастающим или убывающим обжатием) процессов горячего деформирования, определить неравномерность деформации в зависимости от соотношения геометрических форм калибра и вальцуемой заготовки, а также область возможной концентрации напряжений.

Для более наглядного представления неравномерности распределения деформации, на торец и поверхность заготовки 50x150 мм из сплава АК6 наносилась координатная сетка размером 5x5 мм, которая после деформации заготовки-образца была использована для определения перемещений на поверхности исследуемой области. Перемещения точки координатной сетки на деформированных образцах после вальцовки измерялись большим мик-

роскопом инструментальным БМИ-1. Погрешность при замере не превышала 0,005 мм.

При проведении экспериментов по исследованию неравномерности деформации, заготовки из сплава АК6, с предварительно нанесенной сеткой, нагревались в печи электросопротивления до температуры 450 °С. Вальцовка заготовок проводилась в овальном калибре, с отношением кривизны калибра $R_k/R_3 = 1,4$ (R_k – радиус калибра, мм; R_3 – радиус заготовки, мм) на ковочных вальцах С1335, усилием 80 тс.

На рис. 1 представлена картина перемещения координатных сеток в исследуемой области в аналитическом (а, а') и экспериментальном (б, б') видах.

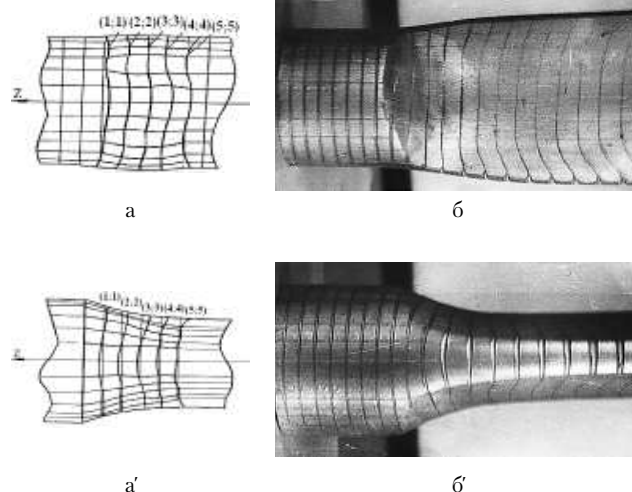


Рис. 1. Перемещение координатных сеток

в очаге деформации на поверхности исследуемого образца (вид сверху: а – аналитическое исследование; б – экспериментальное; вид сбоку: а' – аналитическое исследование; б' – экспериментальное), с учетом развития деформации во времени, с: (1–1) – 0,029; (2–2) – 0,058; (3–3) – 0,087; (4–4) – 0,116; (5–5) – 0,145

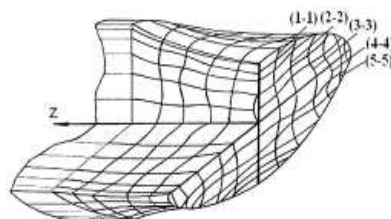


Рис. 2. Общий вид перемещения координатных сеток при объемном деформировании заготовок в овальном калибре (первое приближение) с учетом развития деформации во времени, с: (1–1) – 0,029; (2–2) – 0,058; (3–3) – 0,087; (4–4) – 0,116; (5–5) – 0,145

На рис. 2 представлен общий вид течения металла при объемном деформировании заготовок в овальном калибре.

Перемещение координатных сеток характеризующее течение металла при вальцовке заготовок в очаге деформации, представленное на рис. 1, 2 исследовано по методу описанному в работе [1], но с

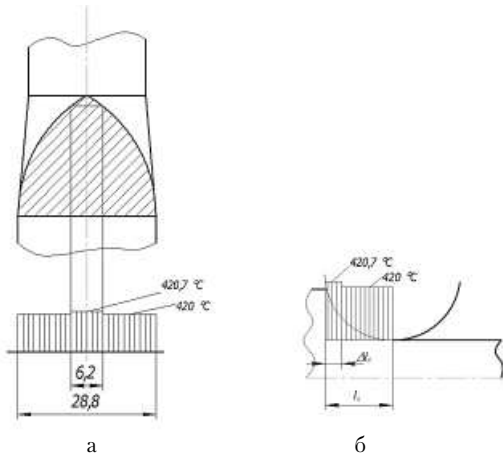


Рис. 3. Распределение температуры:
а – поперек, б – вдоль очага деформации, на поверхности
вальцуемой заготовки из сплава АК6, $\varnothing 25 \times 150$ мм.
Время деформации, $t = 0,029$ с

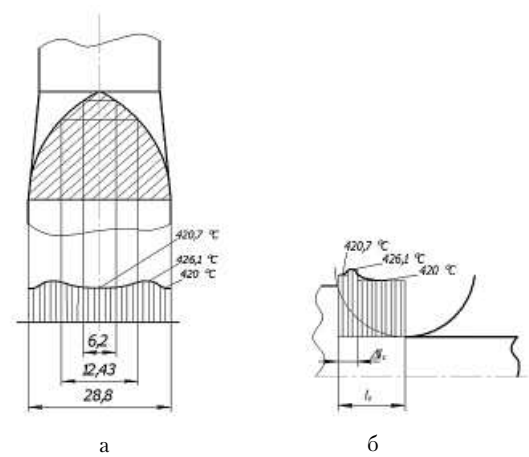


Рис. 4. Распределение температуры:
а – поперек, б – вдоль очага деформации, на поверхности
вальцуемой заготовки из сплава АК6, $\varnothing 25 \times 150$ мм.
Время деформации, $t = 0,058$ с

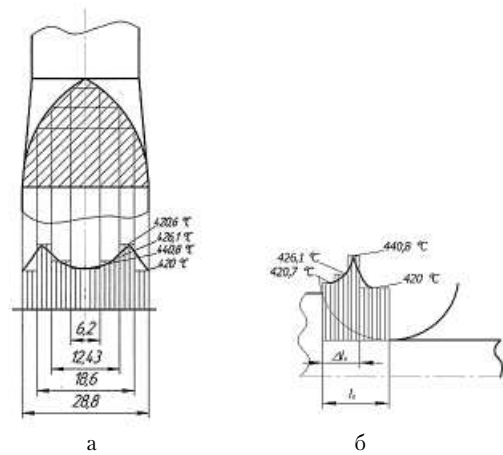


Рис. 5. Распределение температуры:
а – поперек, б – вдоль очага деформации, на поверхности
вальцуемой заготовки из сплава АК6, $\varnothing 25 \times 150$ мм.
Время деформации, $t = 0,087$ с

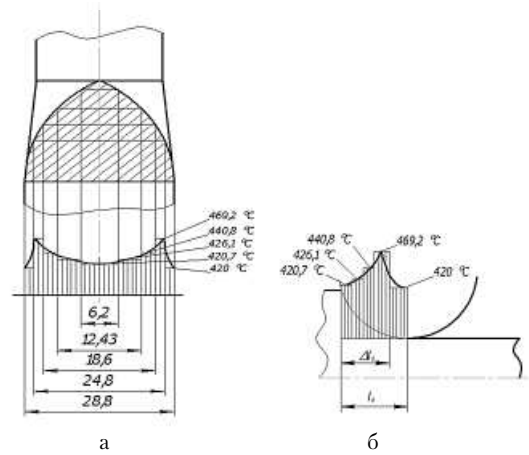


Рис. 6. Распределение температуры:
а – поперек, б – вдоль очага деформации, на поверхности
вальцуемой заготовки из сплава АК6, $\varnothing 25 \times 150$ мм.
Время деформации, $t = 0,116$ с

измененными значениями параметров: скоростью и углом обжатия; временем развития деформации. Из анализа и сравнения экспериментальных данных, представленных на рис. 1, 2 видно, что исследование процесса течения металла в очаге деформации при объемном деформировании, выполненные по методу описанному в работе [1], дают действительную картину перемещения металла при вальцовке заготовок круглого сечения в овальных калибрах.

Исследования теплофизики процессов горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов, в зависимости от нагрева металла, неравномерности и степени деформации, соотношения геометрических форм калибра и вальцуемой заготовки, влияющих на: распределение пластических деформаций и температуру нагрева металла; определение поля температур в зоне контакта вальцуемых заготовок; определение температурного поля на по-

верхности деформируемой заготовки, за счет энергии пластического формоизменения и работы поверхностных сил трения и, в целом, на тепловой баланс в очаге деформации, является актуальной задачей.

В качестве примера расчета и распределения температурного поля в очаге деформации, с учетом развития деформации во времени, рассмотрим вальцовку заготовок с размерами $\varnothing 25 \times 150$ мм из алюминиевого сплава АК6 в овальном калибре, имеющего размеры: высота 13 мм, ширина 29 мм, радиус калибра 20,5 мм, рабочий радиус валков 66,5 мм, зазор между валками 1,0 мм. Температура вальцовки 450 °С. Частота вращения валков 37 мин⁻¹.

На представленных рис. 3–7 неравномерное распределение температуры по поперечному и продольному сечениям деформируемой заготовки, вызванное геометрическим соотношением формы калибра и вальцуемой заготовки, контактной площа-

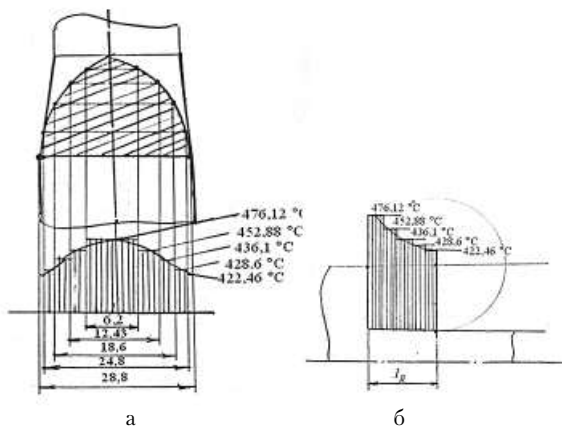


Рис. 7. Распределение температуры:
а – поперек, б – вдоль очага деформации на поверхности
вальцуемой заготовки из сплава АК6, $\varnothing 25 \times 150$ мм.
Время деформации, $t = 0,145$ с

дью между заготовкой и инструментом, степенью обжатия и сопротивлением деформации, трением, температурой заготовки и поверхности инструмента, с учетом развития деформации во времени.

Выводы

1. Деформация заготовки при вальцовке в калибрах сопровождается явно выраженной неравномерностью деформации металла по ширине и высоте заготовки, т. е. неравномерность процесса течения металла является результатом различной сосредоточенности пластической деформации в его объеме: на поверхности, боковой зоне и внутри вальцованной заготовки. Это подтверждается проведенными исследованиями.

2. Неравномерное течение металла при вальцовке в калибрах сопровождается неравномерным распределением температуры по поперечному и продольному сечениям деформируемой заготовки, вызванное геометрическим соотношением формы калибра и вальцуемой заготовки, контактной площадью между заготовкой и инструментом, степенью обжатия и сопротивлением деформации, трением, температурой заготовки и поверхности инструмента.

3. Отмечено, что разработанный д.т.н. Скрыбин С.А. метод исследования течения металла при

вальцовке заготовок в калибрах позволяет раскрыть картину перемещения металла на поверхности и внутри исследуемой области, как для установившегося (деформация при постоянном обжатии), так и не установившегося (деформация с нарастающим или убывающим обжатием) процессов горячего деформирования, определить неравномерность деформации в зависимости от соотношения геометрических форм калибра и вальцуемой заготовки, а также область возможной концентрации напряжений.

4. Приведены рисунки неравномерного распределения температуры по поперечному и продольному сечениям вальцуемой заготовки в очаге деформации, с учетом развития деформации во времени.

Литература

1. Скрыбин С.А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах. /Скрыбин С.А.// – Винница: А. Власюк. – 2007. – 284 с.
2. Степаненко И.З. Розв'язок плоскої задачі для контурів складної форми з дискретно заданими граничними умовами. //Степаненко И.З., Скрыбин С.О., Ганжа В.Ф., Комаров С.В. /– Київ: Вісник Київського університету, вип. 19, 1977. – С. 91 – 98.
3. Скрыбин С.А. Аналитическое исследование влияния радиуса овального калибра на перемещение металла при вальцовке заготовок под штамповку. Скрыбин С.А., Степаненко И.З., Ганжа В.Ф., Комаров С.В. // – М.: ВИЛС. Технология легких сплавов, № 10, 1977. С. 26–31.
4. Скрыбин С.А. Исследование течения металла при вальцовке заготовок в области малых упруго-пластических деформаций. / Скрыбин С.А., Степаненко И.З., Комаров С.В., Ганжа В.Ф. // – М.: ВИЛС. Технология легких сплавов, № 8, 1978. С. 16–19.
5. Скрыбин С.А. Профилирование заготовок на ковочных вальцах /Скрыбин С.А., Колпашников А.И. // – М.: Машиностроение, 1988. – 224 с.
6. Скрыбин С.О. Застосування методів скінчених різниць і змінного параметру для визначення плинності металу під час об'ємного деформування заготовок у калібрах. /Скрыбин С.О., Скрыбин К.С. // – Винница: Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 1 – С. 86–95.