

РОЗВИТОК ПРОЦЕСІВ ВАЛЬЦЮВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

¹Вінницький національний технічний університет

²Вінницький національний аграрний університет

ВСТУП

Процес вальцювання заготовок традиційно використовується для багатопрохідного гарячого протягування вихідних заготовок та отримання фасонних виробів під наступне штампування на пресі або молоті. Розвиток процесів гарячого вальцювання заготовок здійснювався, переважно, з позицій дотримання граничних параметрів, обумовлених небезпекою втрати заготовкою стійкості, що призводить до браку [1-5].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Одним із методів виготовлення криволінійних заготовок є вальцювання вихідних циліндричних заготовок валками різних діаметрів, рис. 1 [2].

Проте такий спосіб не забезпечує стабільність процесу при формуванні заготовок. Обумовлено це, головним чином, нелінійним по мірі вальцювання гальмуванням матеріалу заготовки на контакт з валком меншого діаметра. В результаті, при обтискуванні до 30–40 %, заготовка вигинається на валок меншого діаметра, а при подальшому збільшенні обтискування – на валок більшого діаметра. До того ж цей спосіб не дозволяє отримувати заготовки значної кривизни.

Метою роботи є розвиток процесів вальцювання для отримання криволінійних заготовок значної кривизни, в т. ч. в умовах холодного вальцювання.

Для досягнення поставленої мети нами був запропонований спосіб виготовлення криволінійних заготовок шляхом надання змінного ступеня обтискування поперечного перерізу заготовки. За базову схему було прийнято вальцювання заготовки на гладку бочку з наступним формуванням заготовки з криволінійною віссю. Забезпечення криволінійності можливе за рахунок збільшення ступеня обтискування з випуклої сторони заготовки, тобто в результаті використання валків із заданою конусністю [3, 4].



Рисунок 1 – Заготовки з криволінійною віссю після вальцювання в гладких вальцювальних штампах

Для фізичного моделювання гарячого процесу вальцювання криволінійних виробів нами були обрані свинцеві заготовки з прямокутним поперечним перерізом. Оскільки, наявне обладнання передбачає жорсткий захват кінця заготовки з прямолінійним рухом без повороту в сторону вгнутості заготовки, то підвищене обтискування, різне за величиною, здійснювали на двох крайках заготовки

(рис. 2). В результаті, заготовка вальцювалася на форму близьку до прямолінійної, проте розрахунок напружено-деформованого стану надає можливість визначити його вплив на викривлення заготовки.

При штампуванні значної кількості деталей, особливо з поздовжньою кривою віссю, достатньо у якості заготовочної операції провести вальцювання за один прохід, усунувши необхідність нагрівання заготовок. Перешкоджає розвитку процесів холодного вальцювання недостатність інформації про механіку формоутворення криволінійних заготовок, НДС та деформівність їх матеріалу.



Рисунок 2 – Прямокутна у поперечному перерізі заготовка, вальцьована з підвищеним обтискуванням на крайках

Таке дослідження заготовок в процесах вальцювання показало, що їх формозміна відбувається в умовах переважно плоскої деформації. Отже, криволінійність заготовки можна досягнути шляхом більшого видовження шарів металу з випуклої сторони, у порівнянні з ввігнутою стороною, що забезпечується більшим ступенем обтискування випуклої частини або надання частинкам випуклої сторони більших швидкостей деформацій.

Відповідно був розроблений та досліджений процес виготовлення криволінійних заготовок вальцюванням конічними валками як експериментально, так і шляхом використання імітаційного моделювання в програмному комплексі DEFORM 3D [6-9]. Використання конічних валків, при паралельному розташуванні їх поздовжніх осей, дозволяє змінювати швидкості деформацій та ступінь обтискування по ширині заготовки, забезпечуючи цим її криволінійність. За базову схему прийнято вальцювання вихідної циліндричної заготовки та формування заготовки з криволінійною віссю за рахунок збільшення ступеня обтискування випуклої сторони.

На рис. 3-5 показано характер формозміни заготовки та інші параметри НДС, отримані моделюванням.

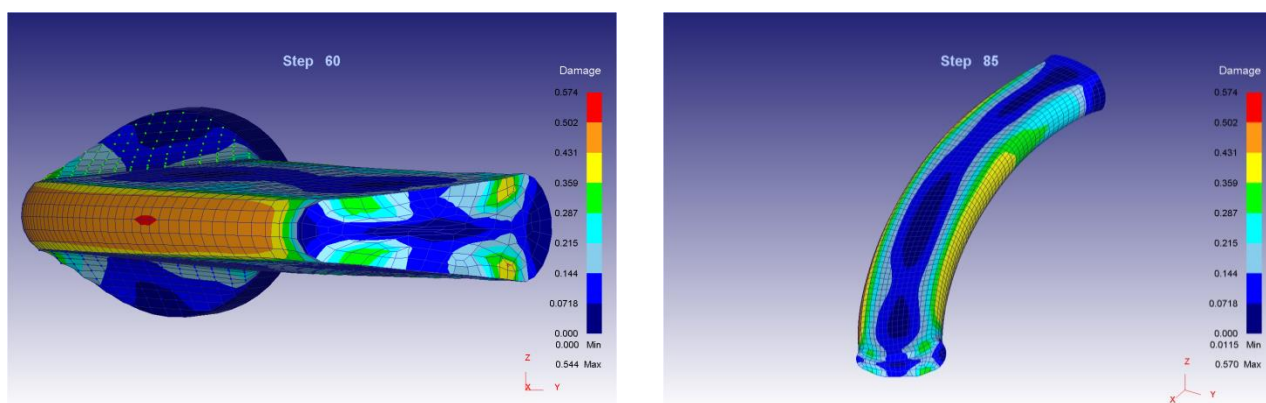


Рисунок 3 – Характер переміщення часток матеріалу та розповсюдження пошкоджень криволінійної заготовки на різних стадіях вальцювання

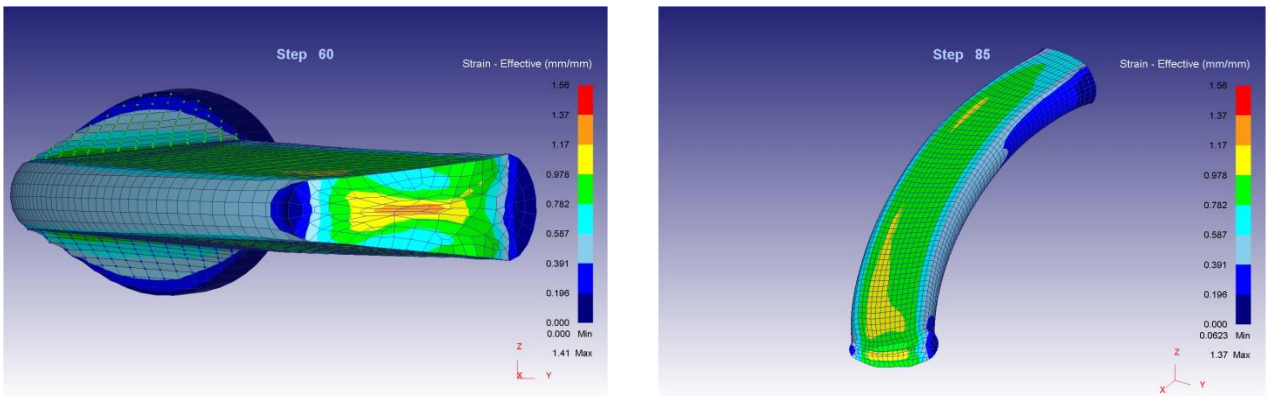


Рисунок 4 – Інтенсивність деформацій матеріалу криволінійної заготовки на різних стадіях вальцювання

На рис. 6 представлена схема вальцювання криволінійної заготовки та траєкторії шляхів деформування точок її зовнішньої та внутрішньої вільних бічних поверхонь в координатах: інтенсивність деформацій ε_{II} – показник жорсткості напруженого стану $\eta = I_1(T_\sigma) / \sqrt{3I_2(D_\sigma)}$, де $I_1(T_\sigma)$ та $I_2(D_\sigma)$ – перший інваріант тензора та другий інваріант девіатора напружень.

Для оцінки деформівності заготовок при холодному вальцюванні та визначення використаного ресурсу пластичності за результатами власних досліджень та даних роботи [5] побудовано діаграми пластичності алюмінієвих сплавів (рис. 7), що, поряд з отриманими шляхами деформації точок найбільш небезпечних зон, надає можливість визначати граничні деформації.

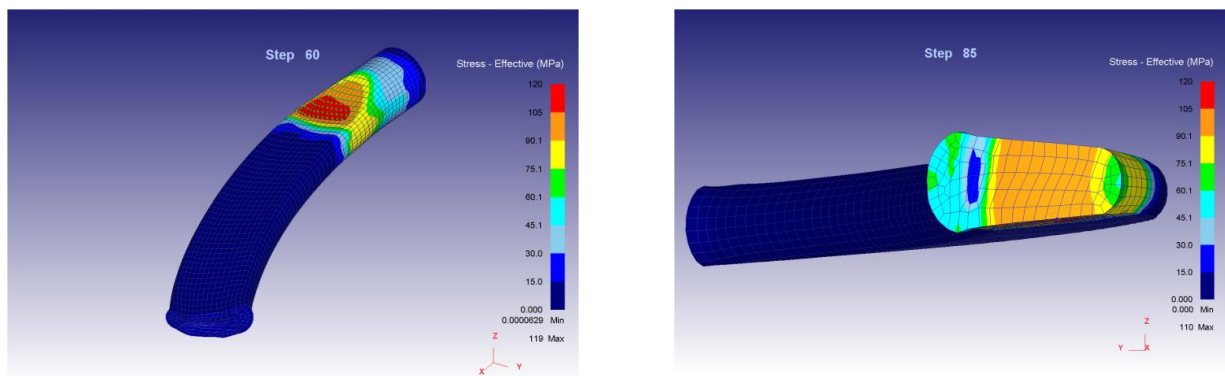


Рисунок 5 – Інтенсивність напружень зон криволінійної заготовки на різних стадіях вальцювання

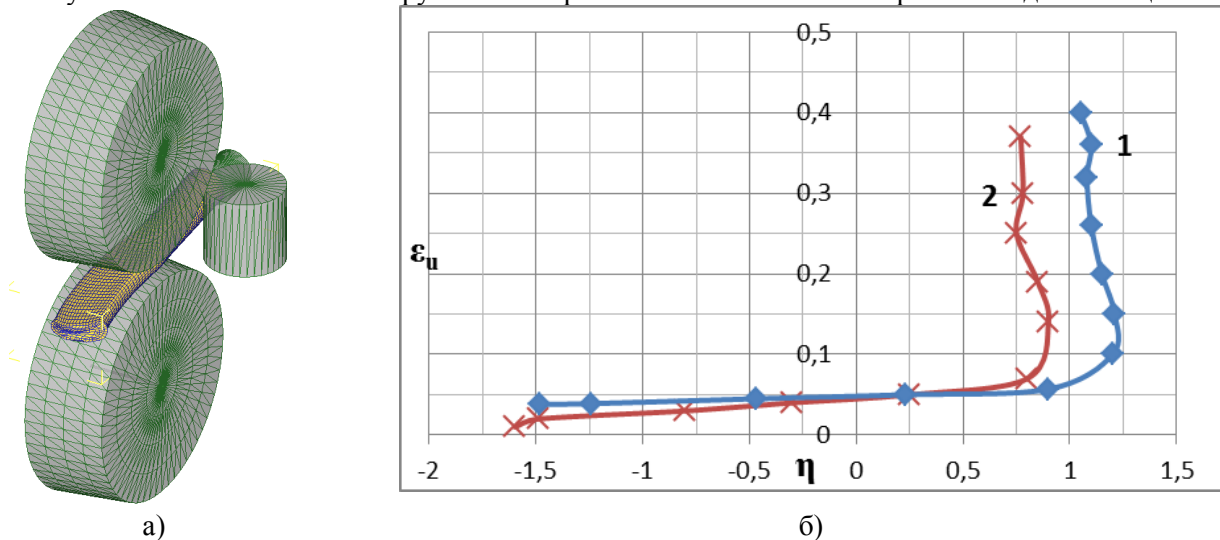


Рисунок 6 – Схема вальцювання криволінійної заготовки (а); траєкторії шляхів деформування точки зовнішньої 1 та внутрішньої 2 бічних поверхонь (б)

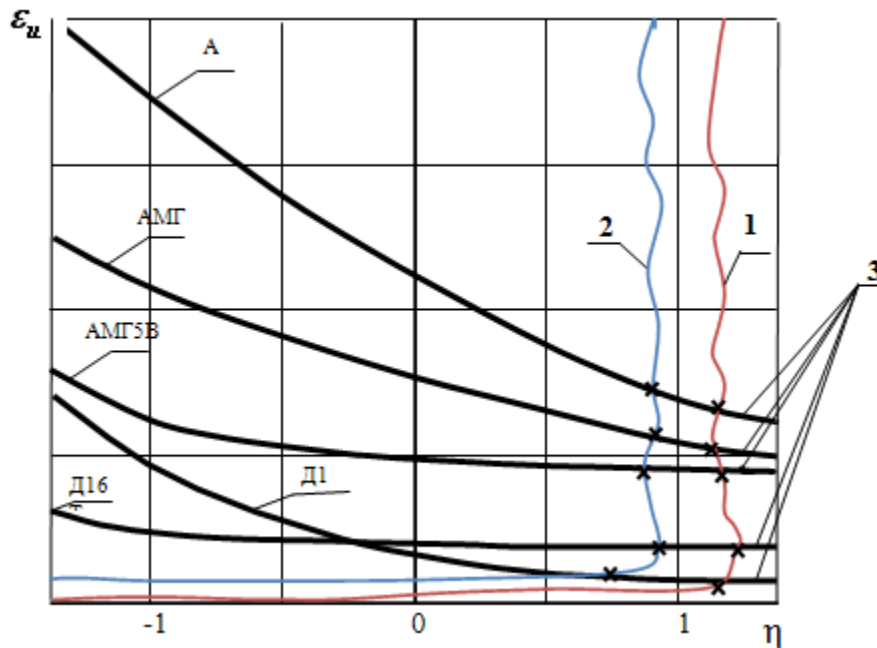


Рисунок 7 – Шляхи деформування точок заготовки на зовнішній (1) і на внутрішній (2) поверхнях та діаграми пластичності алюмінієвих сплавів (3)

Слід відзначити, що постійність показника напруженого стану на вільних бічних поверхнях заготовки впродовж процесу вальцювання дещо спрощує оцінку деформівності алюмінієвих сплавів. Використаний ресурс пластичності при цьому можна визначити як відношення накопиченої інтенсивності деформацій, до її граничного значення, отриманого в точці перетину шляху деформування та відповідної діаграми пластичності.

Разом з тим, при побудові технологічних процесів холодного вальцювання криволінійних заготовок, визначена за допомогою діаграм пластичності гранична до руйнування інтенсивність деформацій не є зручною для використання. Тому в роботі був досліджений зв'язок між інтенсивністю деформацій та ступенем обтиснення заготовок при вальцюванні шляхом моделювання процесу в програмному комплексі DEFORM 3D. Оскільки процес вальцювання циліндричних заготовок є симетричним, то моделювання досліджуваного процесу проведено як вальцювання $\frac{1}{4}$ заготовки валком із врахуванням граничних умов на площинах симетрії, рис. 8.

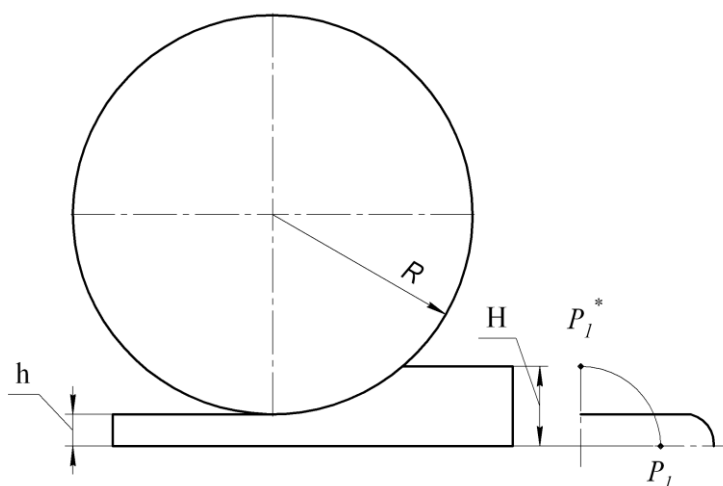


Рисунок 8 – Схематичне представлення процесу вальцювання заготовок

Для побудови залежності між ступенем обтиснення та накопиченою деформацією на вільній бічній поверхні заготовки було вибрано дві характерні точки заготовки – на вільній бічній стороні заготовки та на вершині, яка знаходиться під валком в процесі вальцювання (точки P_1 та P_1^* зображені на рис. 8). Точку на вершині заготовки брали для перевірки її переміщення саме в площині,

яка перпендикулярна до осі заготовки. Це потрібно для геометричного визначення приросту зменшення висоти заготовки під час вальцювання.

Підхід полягав в отриманні усіх значень переміщення та параметрів НДС для кожної із досліджуваних точок під час процесу вальцювання. Результати досліджень показали, що точки на вільній бічній стороні заготовки під час вальцювання деформуються однаково. Для зручності використання при розбудові технологічних процесів ступінь обтиснення доцільно визначати як h_0/D , де h_0 – товщина вальцьованої заготовки поблизу вільної бічної поверхні; D – діаметр вихідної заготовки.

При деформаціях $\varepsilon_u \geq 0,1$ зв'язок між інтенсивністю деформацій та ступенем обтиснення має лінійну залежність, показану на рис. 9, і може бути описаний рівнянням (1).

$$\frac{h_0}{D} = 0,818 - 0,723\varepsilon_u \quad (1)$$

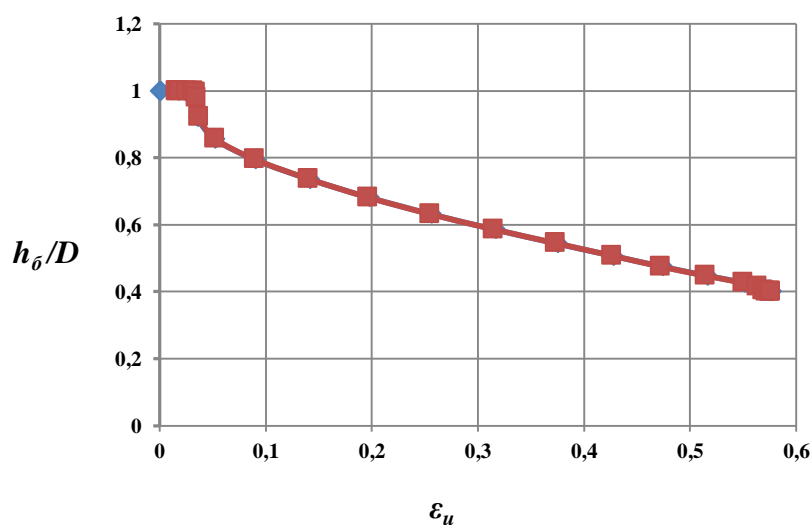


Рисунок 9 – Залежність між ступенем обтиснення h_0/D та інтенсивністю деформацій ε_u для точок вільної бічної поверхні заготовки при вальцюванні

ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами оцінки деформівності матеріалу заготовки можна визначати граничні значення інтенсивності деформацій та ступеня обтиснення, а також величину використаного ресурсу пластичності для проміжних етапів та розробляти рекомендації щодо холодного вальцювання криволінійних заготовок.

Результати проведених досліджень можуть бути покладені в розробку методологічних основ для розвитку процесів холодного вальцювання криволінійних заготовок із алюмінієвих сплавів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Смирнов В. К. Вальцовка заготовок под штамповку. / В. К. Смирнов. – М. : Машиностроение, 1964. – 124 с.
2. Скрябин С. А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах / С. А. Скрябин. – Винница : ПП О. Власюк, 2007. – 282 с.
3. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов : монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 268 с.
4. Бубновська І. А. Розширення технологічних можливостей процесу вальцювання виробів / В. А. Матвийчук, І. А. Бубновська // Сучасні агротехнології: тенденції та інновації : матеріали Всеукраїнської наук.-практичної конференції, 17–18 листопада 2015 р. : – Вінниця : РВВ ВНАУ, 2015. – Т. 3. – С. 59–61.

5. Параметры модели, формирующей карту материала в процессах обработки давлением / В. А. Огородников, Л. И. Алиева, В. М. Кожушаный, И. А. Деревенько // Обработка материалов давлением. – 2011. – № 1 (26). – С. 91–97.
6. Михалеви́ч В. М. Моделювання напружено-деформованого та граничного станів поверхні циліндричних зразків при торцевому стисненні : монографія / В. М. Михалеви́ч, Ю. В. Добранюк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 180 с.
7. Михалеви́ч В. М. Моделирование пластического деформирования цилиндрического образца при торцевом сжатии / В. М. Михалеви́ч, А. А. Лебедев, Ю. В. Добранюк // Проблемы прочности. – 2011. – № 6. – С. 5–22.
8. Mikhalevich V. M. Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev and Yu. V. Dobranyuk // Strength of Materials. – 2011. – V. 43, № 6. – P. 591–603.
9. Добранюк Ю. В. Моделювання за допомогою програмного комплексу DEFORM 3D напружено-деформованого стану на бічній поверхні циліндричного зразка під час торцевого стиснення / Ю. В. Добранюк, Л. І. Алієва, В. М. Михалеви́ч // Обработка металлов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 4(25). – С. 3–10.

REFERENCES

1. Smyrnov V. K. Val'tsovka zahotovok pod shtampovku. / V. K. Smyrnov – М. : Mashynostroenye, 1964 – 124 s.
2. Skryabyn S. A. Tekhnolohyya horyacheho deformatsiynoy zahotovok yz alyuminyevykh splavov na kovochnykh val'tsakh. / S. A. Skryabyn – Vynnytsya: PP O. Vlasyuk, 2007. – 282 s.
3. Matviychuk V. A. Sovershenstvovaniye protsessov lokal'noy rotatsionnoy obrabotki davleniyem na osnove analiza deformiruyemosti metallov: monografiya / V. A. Matviychuk, I. S. Aliyev. – Kramatorsk: DGMA, 2009. – 268 s. ISBN 978-966-379-317-7.
4. Bubnovs'ka I. A. Rozshyrennya tekhnolohichnykh mozhlyvostey protsesu val'tsiyuvannya vyrobiv. / V. A. Matviychuk, I. A. Bubnovs'ka // Suchasni ahrotekhnolohiyi: tendentsiyi ta innovatsiyi mat. Vseukr. Nauk.-prakt. Konf., 17-18 lystopada 2015 r.: – Vinnytsya: RVV VNAU, 2015. – Т.3. – С. 59-61.
5. Ohorodnykov V. A. Parametry modeli, formyruyushchey kartu materyala v protsesakh obrabotky davlenym. / V. A. Ohorodnykov, L. Y. Alyeva, V. M. Kozhushanyy, Y. A. Dereven'ko // Obrabotka materyalov davlenyem. – Kramatorsk: DHMA, 2011. – №1 (26). – S 91-97.
6. Mykhalevych V. M. Modelyuvannya napruzhenno-deformovanoho ta hranychnoho staniv poverkhni tsylindrychnykh zrazkiv pry tortsevomu stysnenni: monohrafiya / V. M. Mykhalevych, Yu. V. Dobranyuk. – Vinnytsya: VNTU, 2013. – 180 s. ISBN 978-966-641-532-8.
7. Mikhalevich V. M. Modelirovaniye plasticheskogo deformirovaniya tsilindricheskogo obraztsa pri tortsevom szhatii / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev, YU. V. Dobranyuk // Probl. prochnosti. – 2011. – №6. – S. 5–22.
8. Mikhalevich V. M. Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev and Yu. V. Dobranyuk // Strength of Materials. – Volume 43, Number 6 (2011), P. 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.
9. Dobranyuk Yu. V. Modelyuvannya za dopomohoyu prohrannoho kompleksu DEFORM 3D napruzhenno-deformovanoho staniv na bichniy poverkhni tsylindrychnoho zrazka pid chas tortsevoho stysnennya / YU. V. Dobranyuk, L. I. Aliyeva, V. M. Mykhalevych // Obrabotka metallov davlenyem : sbornik nauchnykh trudov. – Kramatorsk : DHMA.– 2010. – №4(25). – S. 3–10.

І. В. Севостьянов¹, Ю. В. Добранюк¹, І. А. Бубновська²

РОЗВИТОК ПРОЦЕСІВ ВАЛЬЦЮВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

¹Вінницький національний технічний університет

²Вінницький національний аграрний університет

Об'єкт дослідження – формозміна, напружено-деформований та граничний стани заготовок із алюмінієвих сплавів під час вальцювання.

Мета роботи – розвиток процесів вальцювання для отримання криволінійних заготовок значної кривизни, в тому числі в умовах холодного вальцювання.

Проаналізовано формозміну та розв'язано задачу визначення напружено-деформованого стану циліндричної заготовки з криволінійною віссю при вальцюванні із використанням імітаційного моделювання в програмному комплексі DEFORM 3D та експерименту. Отримано картини формозміни та розподілення параметрів напружено-деформованого та граничного станів заготовки під час деформування. Проведено дослідження небезпечних, з точки зору накопичення пошкоджень, точок заготовки. Результати досліджень можуть бути покладені в розробку методологічних основ для розвитку процесів холодного вальцювання криволінійних заготовок із алюмінієвих сплавів.

Ключові слова: напружено-деформований стан, вільна поверхня, показник напруженого стану, накопичена деформація, накопичені пошкодження, вальцювання.

Севостьянов Иван В'ячеславович, доктор технічних наук, професор, заступник декана факультету машинобудування та транспорту з наукової роботи та міжнародного співробітництва, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ivansev70@gmail.com

Добранюк Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики Вінницький національний технічний університет, e-mail: dobranuk@mail.ru

Бубновська Ірина Анатоліївна, асистент кафедри електротехнічних систем, технологій та автоматизації в АПК, Вінницький національний аграрний університет, e-mail: biana2510@i.ua

I. Sevostyanov¹, Yu. Dobranjuk¹, I. Bubnovska²

THE DEVELOPMENT PROCESS OF ROLLING THE CURVILINEAR BLANKS FROM ALUMINUM ALLOYS

¹Vinnitsya National Technical University

²Vinnitsya National Agrarian University

A research object is the forming, stress-strain and limit states of the aluminum alloy blanks during rolling.

The purpose of the work is the development of the rolling process to produce curved blanks significant curvature, including in a cold rolling.

Forming analyzed and solved the problem of determining the stress-strain state of a cylindrical blank with curvilinear axis during rolling using simulation in the software package DEFORM 3D and experiment. Patterns of forming and distribution of the parameters of the stress-strain and limiting states of the blanks during deformation is received. A study of dangerous, in terms of damage accumulation, points billet is performed. The research results can be put into the development of methodological bases for the development of processes of cold rolling curvilinear blanks of aluminum alloys.

Key words: stress-strain state, free surface, stress state parameter, accumulated strain, accumulated damage, rolling.

Sevastyanov Ivan, Doctor of Technical Science, Professor, Deputy head of Dean FEM&T on scientific work and international cooperation, Vinnitsya National Technical University, e-mail: ivansev70@gmail.com

Dobraniuk Yurii, Candidate of Science (Engineering), associate professor of Department of Higher Mathematics, Vinnitsya National Technical University, e-mail: dobranuk@mail.ru

Bubnovska Iryna, assistant of Department of Electrical systems and automation technologies in agriculture, Vinnitsya National Agrarian University, e-mail: biana2510@i.ua

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ВАЛЬЦОВКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

¹Винницкий национальный технический университет

²Винницкий национальный аграрный университет

Объект исследования – формоизменение, напряженно-деформированное и предельное состояния заготовок из алюминиевых сплавов при вальцовке.

Цель работы – развитие процессов вальцовки для получения криволинейных заготовок значительной кривизны, в том числе в условиях холодной вальцовки.

Проанализировано формоизменение и решена задача определения напряженно-деформированного состояния цилиндрической заготовки с криволинейной осью при вальцовке с использованием имитационного моделирования в программном комплексе DEFORM 3D и эксперимента. Получены картины формоизменения и распределение параметров напряженно-деформированного и предельного состояний заготовок при деформировании. Проведено исследование опасных, с точки зрения накопления повреждений, точек заготовки. Результаты исследований могут быть положены в разработку методологических основ для развития процессов холодной вальцовки криволинейных заготовок из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, свободная поверхность, показатель напряженного состояния, накопленная деформация, накопленные повреждения, вальцовка.

Севостьянов Иван Вячеславович, доктор технических наук, профессор, заместитель декана факультета машиностроения и транспорта по научной работе и международному сотрудничеству, Винницкий национальный технический университет, e-mail: ivansev70@gmail.com

Добранюк Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, Винницкий национальный технический университет, e-mail: dobranuk@mail.ru

Бубновская Ирина Анатольевна, ассистент кафедры электротехнических систем, технологий и автоматизации в АПК, Винницкий национальный аграрный университет, e-mail: biana2510@i.ua