

Гавриш П. А.
Абхарі П. Б.
Малигін М. О.
Кассов В. Д.

ШТАМПУВАННЯ БАЗОВИХ ВУЗЛІВ СТАНИН ВЕРСТАТІВ

Проведений аналіз і оцінка можливостей виготовлення базових вузлів металоконструкції станини верстатів показали необхідність розглянути способи комбінованого видавлювання, а також використання штампів з розніжними матрицями. Отримання такої складної деталі як базовий вузол технологією обробки металів штампуванням це перспективний напрямок отримання базового вузла з високою точністю згідно вимог нормативної документації. Для уточнення технології виготовлення базового вузла виконано математичне моделювання процесів точного об'ємного штампування в закритих матрицях за допомогою програми методу скінченних елементів DEFORM 2D/3D, яка дозволяє визначати напружено деформований стан і силовий режим процесу. В результаті моделювання визначена залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона. Встановлено, що зусилля постійно зростає на протязі процесу формоутворення і досягає величини 4,75 МН в кінці видавлювання. Показано, що найбільша інтенсивність деформації зосереджена в середині осередку деформації процесу штампування.

При дослідженні напруження в окремих частинах верстатів відомо, що з-за нерівномірності навантаження і концентрації напружень в окремих вузлах найбільш важливе значення набуває – втомна міцність металоконструкції станини та її жорсткість. Тому підвищення точності роботи і працездатності базових вузлів є нагальною метою для науковців. Визначено, що саме недоліки і дефекти зварювання можуть знизити довговічність роботи верстату, точність та якість виготовлення деталей на верстаті.

Тому, удосконалення металоконструкції станини верстату шляхом застосування базового вузла підвищує точність роботи верстату та його працездатність.

Ключові слова: штампування базових вузлів, об'ємне штампування в закритих матрицях, напружено деформований стан, циклічне втомне навантаження, кутові шви, стикові шви, нерівномірність навантаження.

Напрямок виготовлення базових вузлів металоконструкції станин технологією обробки штампуванням (ТОШ) – дуже перспективний. Отримання такої складної деталі, причому високої точності дає змогу підвищити точність роботи металорізального верстату, знизити собівартість виготовлення станини підвищити продуктивність верстата. Технології точного об'ємного штампування постійно розширюють номенклатуру деталей та нових способів формоутворення [1–2]. При розробці технологічних процесів холодного видавлювання, необхідних для виготовлення базових вузлів, необхідно знати і застосовувати класифікацію кінематичних модулів, як складових розрахункової схеми процесу, також необхідно враховувати відповідні рекомендації щодо доцільності їх використання [3–5].

Для оцінки необхідності і можливості використання того чи іншого процесу ТОШ для виготовлення базових вузлів металоконструкції необхідно провести аналіз комплексу обмежень досліджуваних способів комбінованого видавлювання і обов'язковим є контроль відповідності розмірів отриманого вузла заданим кресленням [5]. Автори пропонують саме оперативний аналіз можливості керування течією металу введенням змін у конфігурацію інструментів (фасок або заокруглень) дозволяє отримати відповідь на питання доцільності обраного способу комбінованого видавлювання [5].

Є пропозиції використання штампів з розніжними матрицями. Однак, основні обмеження у використанні штампів з роз'ємними матрицями пов'язані з труднощами одночасного забезпечення затиску напівматриць та їх розкриття при зворотному ході преса [6, 7].

Тому крім відомих вимог до штампів (надійність, довговічність, простота налагодження, висока продуктивність), штампи з роз'ємними матрицями повинні забезпечувати щільне стиснення напівматриць протягом деформування, швидке і вільне розмикання при зворотному ході [6, 7]. Визначена твердотільна конструкція базового вузла представлена на (рис. 1).

Метою досліджень є вибір способу виготовлення базового вузла та моделювання зусиль при його штампуванні.

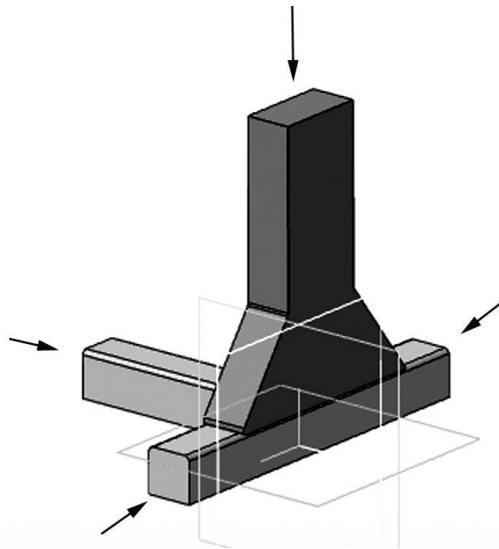
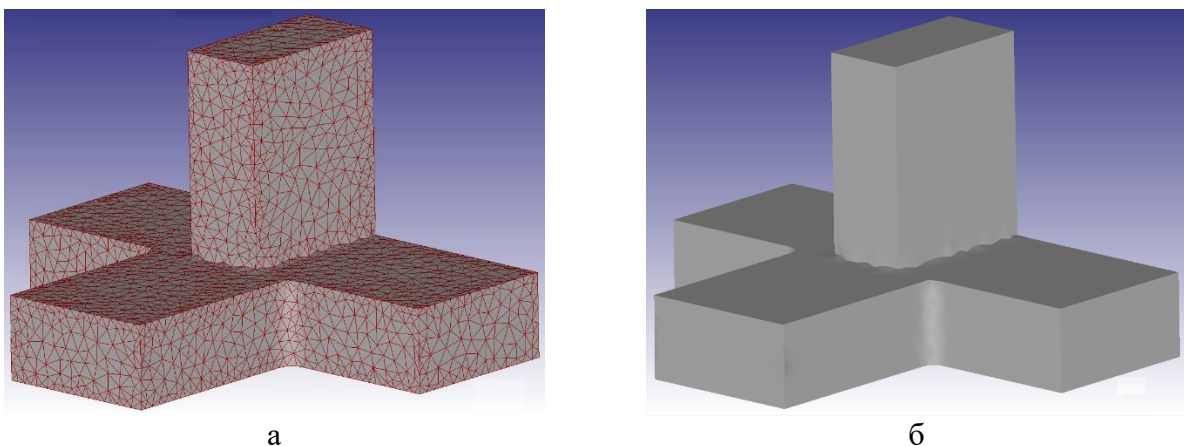


Рис. 1. Твердотільна конструкція базового вузла

Для уточнення технології виготовлення зварного базового вузла виконано математичне моделювання процесів точного об'ємного штампування в закритих матрицях за допомогою програми методу скінченних елементів DEFORM 2D/3D, яка дозволяє визначати напружено деформований стан і силовий режим процесу.

Вихідна заготовка із сталі 20 і температура заготовки складала 1000 °С. Для забезпечення температури гарячого деформування швидкість деформування прийнята $V_0 = 60$ мм/сек. Тертя на контактуючих поверхнях враховане по Зібелю з коефіцієнтом тертя $\mu = 0,2$. Результати моделювання процесу, такі, як викривлення ділильної сітки, і отримані напівфабрикати представлені на (рис. 2).

Як видно з рисунків, найбільша інтенсивність деформації зосереджена в середині осередку деформації процесу.

Рис. 2. Результати моделювання навантажень штампування:
а – викривлення ділильної сітки; б – отриманий напівфабрикат

А також проведено аналіз залежності зусилля видавлювання від переміщення пуансона (рис. 3). Зусилля постійно зростає на протязі процесу формоутворення і досягає величини 4,75 МН в кінці видавлювання.

Таким чином виконане моделювання показало розподіл зусиль штампування базового вузла.

Конструкції зварних станин таких же габаритів як і литі можна виготовити з більшою жорсткістю. Зварні конструкції мають більш високу жорсткість ніж литі при крученні і вигині, такі властивості позитивно впливають на продуктивність верстату і точність різання.

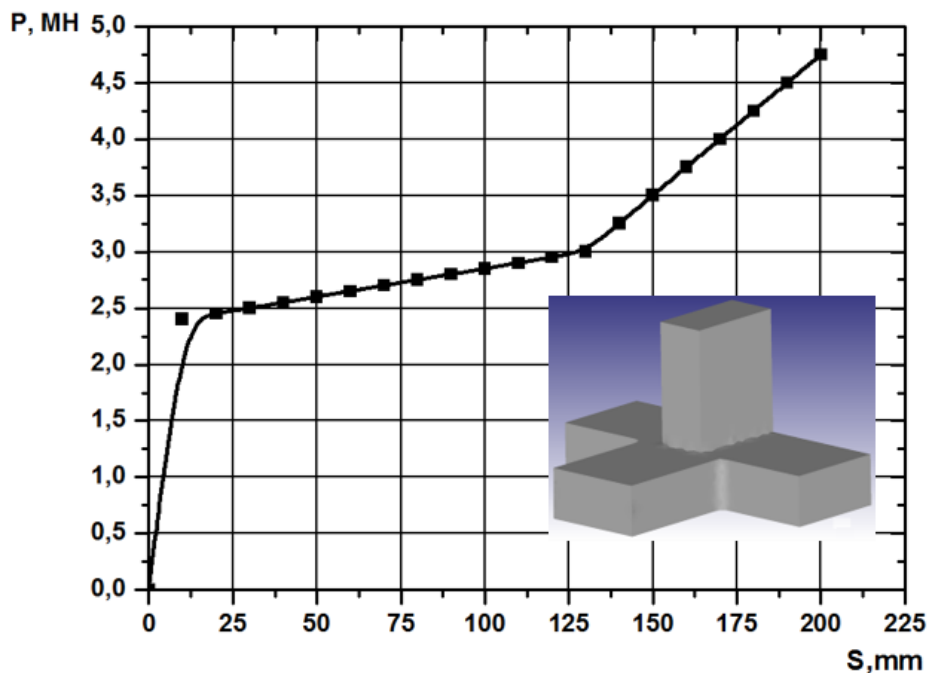


Рис. 3. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона

Удосконалення саме зварних конструкцій станин верстатів дуже перспективний напрямок підвищення точності роботи верстату, підвищення опору навантаженням, зниження собівартості виготовлення станини, підвищення її працездатності.

Вибір найбільш раціональної конструкції базових вузлів необхідно здійснювати після дослідження напружено-деформованого стану конструкції з урахуванням моделювання експлуатаційного навантаження на станину верстату [8]. Особливу увагу треба приділити саме циклічним втомним навантаженням металоконструкцій [9–12].

На станини металорізальних верстатів діє напруження незначне за своєю амплітудою 120 МПа÷160 МПа. Проте напруга при роботі верстата змінюється як за величиною так і за напрямком – циклічне втомне навантаження (або вібраційне). Розглядаючи напруження в окремих частинах верстатів відомо, що з-за нерівномірності навантаження і концентрації напружень в окремих вузлах найбільш важливе значення набуває – втомна міцність металоконструкції станини та її жорсткість. Тому підвищення точності роботи і працездатності базових вузлів станини є нагальною метою для науковців.

Науковці [13] виконали дослідження з метою підвищення точності верстата шляхом динамічного керування формоутворюючих траєкторій оброблюваної деталі. Але у своїй роботі науковці не торкалися питання підвищення точності шляхом удосконалення зварних базових вузлів металоконструкції верстату. В своїх дослідженнях [14] науковці пропонують впровадити адаптоване ті роботизовано керування задля підвищення точності шляхом видавлення задирок. Таке додаткове удосконалення тягне за собою додаткові кошти щодо його впровадження, проте не знижує циклічне навантаження на зварні базові вузли і не підвищує їх стійкість. Дослідники [15] пропонують конструктивні зміни поворотного столу для зменшення вібрацій що впливають на точність обробки деталей. Їх дослідження показують зниження вібрацій, але ніяким чином це не зменшує загальне навантаження на станину верстату при обробці деталі. Науковці з Китаю [16] аналізують типи верстатів та пропонують напрямки їх удосконалення або заміни. В роботі [17] представлено метод структурованого дизайну важких верстатів. Дійсно з допомогою такого методу доцільно створювати нове обладнання.

Доцільно визначити рівень залишкових напружень з метою підвищення точності роботи і працездатності базових вузлів. Виготовлення зварних станин важких верстатів в порівнянні з чавунними станинами – сучасний напрямок запобігання втомним ушкодженням елементів станин верстата.

При виготовленні станин важких верстатів виникає необхідність використання операції зварювання. Треба враховувати, саме недоліки і дефекти зварювання можуть знизити довговічність роботи верстату, точність та якість виготовлення деталей на верстаті. На (рис. 4) показано перетин станини верстату і основні зварні шви.

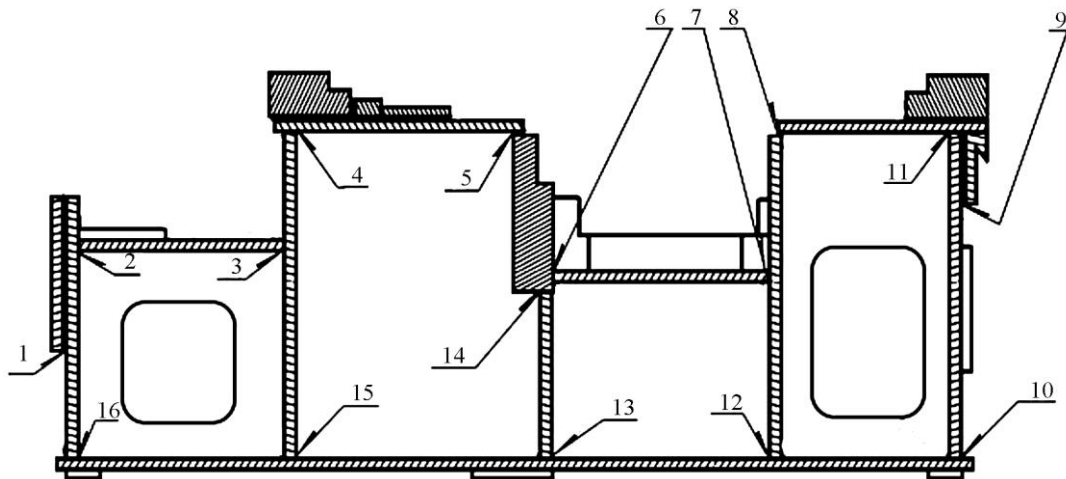


Рис. 4. Перетин станини і основні зварні шви:

1 – торцьовий шов; 2, 3, 4, 5, 6, 7 – тавровий; 8 – кутовий; 9 – внапусток; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – тавровий

Залишкові напруги, що з’являються після зварювання негативно впливають на стійкість зварної конструкції проти втомних, циклічних навантажень.

Таврові та кутові з’єднання використовують для скріплення взаємно перпендикулярних елементів, станин верстатів, приєднання ребер тощо. Такі з’єднання можуть бути з повним і неповним проплавленням товщини. При статичних навантаженнях проектують неповне проварювання, бо проплавлення всієї товщини ускладнює процес зварювання і зумовлює його подорожчання. Повне проплавлення передбачають лише у достатньо обґрунтованих випадках, наприклад, у поясних з’єднаннях підкранових балок, оскільки непровар у корені шва є концентратором напружень і зумовлює значне зниження втомної міцності металу шва. При експлуатаційних навантаженнях під дією нормальної сили, робота з’єднання подібна роботі зварних лобових швів, якщо діє перерізна сила – робота з’єднання подібна роботі флангових швів. Згинальний момент зумовлює нерівномірний розподіл напружень. У таврових з’єднаннях із попередньою підготовкою кромки напруження в швах визначають так, як і для суцільних деталей, але порівнюють ці напруження із допустимими напруженнями для зварних швів. Стовпкові шви при всіх видах зварювання – дуговому, електронно-променевому, плазмовому тощо – є найоптимальні по відношенню до концентрації напруги. При відсутності дефектів зварного шва та при доведенні до мінімуму зварювальних деформацій, а також при раціональному проектуванні шва та плавному з’єднанні шва з основним металом остаточні зварювальні напруги можуть бути зведені до мінімуму.

Виконано дослідження зварних швів станини верстату. Для вимірювання напружень зварних швів використовували прилад ЮН 5. Перед початком вимірювань здійснювали налагодження приладу шляхом градування. Зразок з датчиком приладу встановлювали у затискачі розривної машини. Навантажували зразок зусиллям розтягування з підвищенням зусилля

по 2000 Н до межі пропорційності. Потім відповідно створювали етап розвантаження з виконання контролю за шкалою приладу. Це необхідно для побудови градієнтного графіку з метою визначення реальних значень залишкових напружень.

На (рис. 5) приведені досліджені епюри напружень перетину таврового шва.

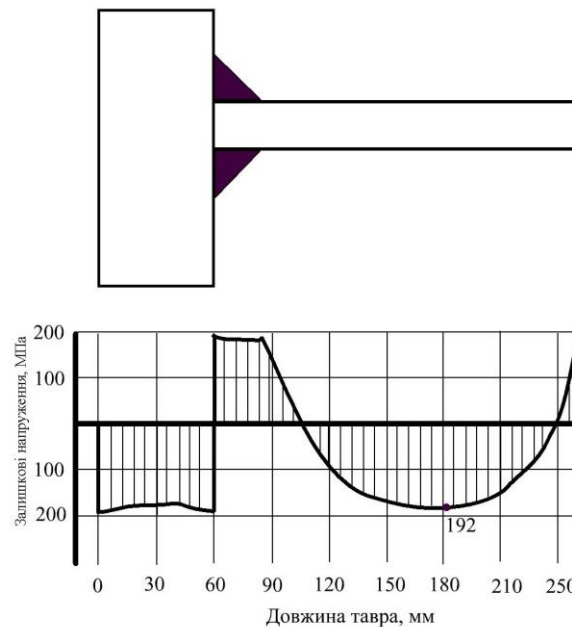


Рис. 5. Досліджені епюри залишкових зварювальних напружень таврового шва

Виконані дослідження також кутових, стикових швів (рис. 6, рис. 7).

Кутові шви (рис. 6) також мають залишкові зварювальні напруження, причому напруження залежать від геометричних розмірів, технології зварювання, матеріалу деталі і звісно від наявності зварювальних дефектів.

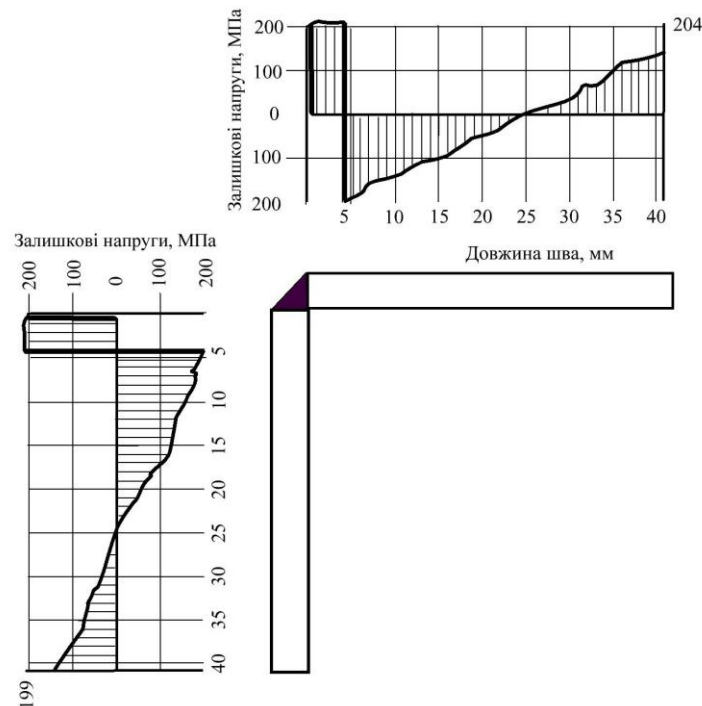


Рис. 6. Досліджені епюри залишкових зварювальних напружень кутового шва

Така різка зміна напруги кутових (таврових) швів пояснюється двома причинами. Місцева зміна жорсткості (підвищення крихкості) після зварювання, залежить від конструкції зварюваних деталей. Та відсутність плавного переходу від зварного шва до деталі тобто утворення конструктивних концентраторів напружень. Саме такі фактори і викликають підвищення напруження у зоні переходу від основного металу до зварного шва.

У зв'язку з тим, що оцінювання локального напруженого стану металу поблизу від розташування дефектів практично неможливо, тому немає сенсу на стадії проектування металоко-нструкції моделювати саме напружено-деформований стан. Тому саме методи і способи після зварювального оброблення можуть знизити крихкість зони термічного впливу зварного шва та знизити остаточні напруги тим самим підвищити надійність і довговічність металоко-нструкції станини верстату.

Стикові шви при всіх видах зварювання – дуговому, електронно-променевому, плазмовому тощо – є найоптимальні по відношенню до концентрації напруги. При відсутності дефектів зварного шва та при доведенні до мінімуму зварювальних деформацій, а також при раціональному проектуванні шва та плавному з'єднанні шва з основним металом остаточні зварювальні напруги можуть бути зведені до мінімуму.

Якщо порівняти остаточні напруги після зварювання стикових швів з іншими швами, то наглядно можна побачити дуже велику різницю між ними (рис. 7). Зона термічного впливу яка межує з основним металом випробовує на собі концентрацію напруги, але рівень такої напруги менший ніж у кутових, таврових і швів внапусток. Середні напруги по осі стикового шва можна порівняти з остаточними напругами у основному металі. Концентрація остаточного напруження утворюється при наявності дефектів у зварному шві: непропалення, подрізи, напливи тощо.

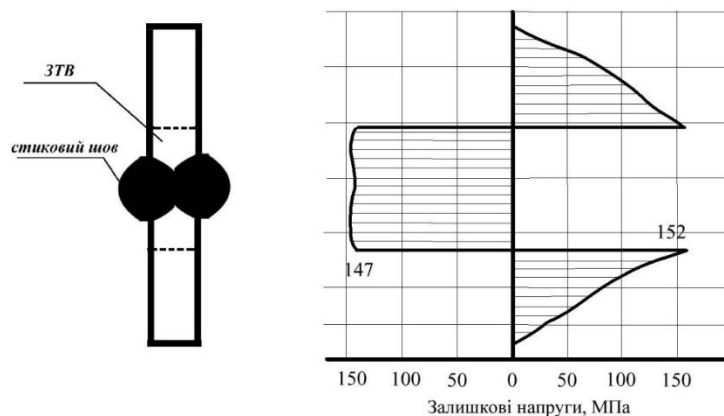


Рис. 7. Досліджені епюри залишкових зварювальних напружень стикового шва

При порівнянні епюр напружень (рис. 5, 6, 7) видно, що найбільш стабільні напруження стикового шва. Їх рівень значно нижче ніж у інших швів $152\text{МПа} < 200\text{МПа} < 204\text{МПа}$.

При відсутності дефектів зварного шва та при доведенні до мінімуму зварювальних деформацій, а також при раціональному проектуванні шва та плавному з'єднанні шва з основним металом остаточні зварювальні напруги можуть бути зведені до мінімуму.

Рекомендується використовувати стикові шви там де можна замінити ними кутові і Рекомендується зварні шви металоко-нструкції верстату: таврові, кутові, внапусток – замінити на стикові шви [8]. Розрахована і розроблена конструкція базового вузла, що дозволяє застосовувати тільки стикові шви. На (рис. 5) стрілками показані місця зварних швів, бачимо, що всі шви – стикові. Це означає, що залишкові напруження набагато менші ніж у інших зварних швах (рис. 4).

Виконані дослідження показали, що конструкцію базового вузла доцільно виготовляти шляхом гарячого штампування.

Удосконалення конструкції зварного базового вузла станини приводить до зниження напружено-деформованого стану станини верстату і загалом до підвищення точності і працездатності верстату.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що найбільш доцільно виготовлення базових вузлів металокопії верстату здійснювати технологіями точного об'ємного штампування. Виконано твердотільне моделювання конструкції базового вузла.

2. Для уточнення технології виготовлення зварного базового вузла виконано математичне моделювання процесів точного об'ємного штампування. Визначена залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона. Зусилля постійно зростає на протязі процесу формоутворення і досягає максимальної величини 4,75МН в кінці видавлювання.

3. Рівень зварювальних залишкових напружень – знижено, за рахунок усунення зварних швів, які надають підвищені залишкові напруження. Це такі шви, як: таврові, кутові, внапусток.

4. Знижений рівень напружень та виконання зварювання станини за допомогою базового штампованого вузла приводить до підвищення втомної міцності станини верстату та підвищення точності обробки деталей і працездатності станини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Aliiev I.S., Hrudkina N.S., Malii Kh.V., Tahan L.V. Моделювання та розробка процесів точного об'ємного штампування: монографія. Краматорськ: ДДМА. 2021. 208 р. ISBN 978-617-7889-08-2..
2. Алиев И.С., Носаков А.А., Махмудов К.Д. Метод кинематических модулей для анализа процессов точнойковки. *Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении. Сборник научных трудов.* Краматорск: ДГМА. 2001. С.142-146.
3. Грудкіна Н. С. Левченко В. М. Абхари П. Коцюбівська К. І. Малій Х. В. Особливості проектування процесів точного об'ємного штампування видавлюванням на основі енергетичних моделей розрахунку. *Обработка материалов давлением.* Краматорск. ДГМА. 2001. С. 142–146.
4. Aliiev I., Aliieva L., Grudkina N., Zbankov Ya. Prediction of the variation of the form in the processes of extrusion. *Metallurgical and Mining Industry.* 2011. 3(7), pp. 17–22. <https://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/17Aliiev.pdf>.
5. Aliieva L., Hrudkina N., Aliiev I., Zbankov I., Markov O.. Effect of the tool geometry on the force mode of the combined radial-direct extrusion with compression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems.* 2020. 2. 1 (104), pp. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198433>.
6. Aliieva L.I., Markov O.Y., Aliiev I.S., Hrudkina N.S., Levchenko V.N., Malii Kh.V. Analysis of power parameters of the combined three-direction extrusion process. *FME Transactions.* 2021. 49. 2, pp. 344–355.
7. Абхари П.Б. Алиева Л.И. Алиев И.С. Ерёмина А.А. Разработка штампов для выдавливания в разъемных матрицах. *Обработка материалов давлением.* Краматорск. ДГМА. 2016. 1 (42). С. 223-231.
8. Пат. 153344 Україна. В23Q 1/01. Базовий вузол станини важкого верстату. Ковальов В.Д., Гавриш П.А., Бережна О.В., Кассов В.Д., Васильченко Я.В., Малигін М.О. заявл. 22/06/2023, опубл. 21/06/2023. Бюл. № 25.
9. Grote K.-G., Posnikov J., Makarenko N., Gavrisch P., et al. Research of the causes of fatigue damages of metal structure welded assemblies of loading cranes "Takraf". *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць.* Краматорськ: ДДМА. 2016. 2 (38). С. 101-106. ISSN 1993-8322.
10. Schepotko V., Gavrisch P., Makarenko N., Koinasch V. Die bewertungs methodik der konstruktiver ausführungen von maschinenelementen. *Materials of the VI international research and practice conference.* publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. 2013. 2, pp. 307–315. ISBN 978-3-941352-31-5.
11. Matarneh M.E., Gharaibeh N.S., Chigarev V.V., Havrysh P.A. Reduction of cooper to steel weld ductility for parts in metallurgical equipment. *Journal of Mechanical Engineering.* 2020. https://jmeche.uitm.edu.my/wpcontent/uploads/2020/04/8_RI_17_1_P19_27.pdf.
12. Gavrisch P.A., Perig A.V., Gribkov E.P., Dorokhov M.Y. Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading. *Advances in Materials and Processing Technologies.* Forthcoming. 2020. Aug 13, pp. 1–20. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1805683>.
13. Ковалев В.Д. Куриленко Я.С. Система управления точностью тяжелых станков с ЧПК на основе динамической коррекции траекторий формообразующих движений. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали п'ятої Міжнародної науково-технічної конференції 4–7 червня 2007 року.* Краматорськ, 2007. С. 61–62.

14. Berselli G., Gadaleta M., Genovesi A., Pellicciari M., Peruzzini M., Razzoli R. Engineering methods and tools enabling reconfigurable and adaptive robotic deburring. *Advances on mechanics, design engineering and manufacturing: lecture notes in mechanical engineering*. 2017, pp. 655–664. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_66
15. Ghaffari A., Mohammadiasl E. How to prevent undesired oscillation in NC rotary table. *Journal of vibration and control*. 2017. 23(20), pp. 3490–3503. <https://doi.org/10.1177/1077546315593026>
16. Li H., Li Y., Wang W. Feature based machine tool accuracy analysis method. *Procedia CIRP*. 2015. 27, pp. 216–222. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.069>.
17. Kovalov V., Antonenko Y., Dašič P. Method of structural desing of heavy machine tools. *9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG*. Science Direct. 2016. 22, pp. 146–152. DOI: 10.1016/j.protcy.2016.01.023

REFERENCES

1. Aliiev I.S., Hrudkina N.S., Malii Kh.V., Tahan L.V. Modeling and development of precision volumetric extrusion stamping processes: monograph. Kramatorsk: DSEA. 2021. 208 p. ISBN 978-617-7889-08-2. (*In Ukrainian*).
2. Aliiev I.S., Nosakov A.A., Makhmudov K.D. The method of kinematic modules for the analysis of processes of precise forging. *Improvement of processes and equipment of working by pressure in metallurgy and machine-building. Collection of scientific publications*. Kramatorsk: DSEA. 2001, pp. 142–146. (*in Russian*).
3. Hrudkina N.S., Levchenko V. M., Abhari Payman, Kotsiubivska Kateryna, Malii Khrystyna. The features of the precise forging processes by extrusion design based on energy calculation models. *Materials Working by Pressure*. Kramatorsk: DSEA.2001. pp. 142–146. ISSN 2076-2151. (*In Ukrainian*).
4. Aliiev I., Aliieva L., Grudkina N., Zhbankov Ya. Prediction of the variation of the form in the processes of extrusion. *Metallurgical and Mining Industry*. 2011. 3(7), pp. 17–22. <https://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/17Aliiev.pdf>.
5. Aliieva L., Hrudkina N., Aliiev I., Zhbankov I., Markov O.. Effect of the tool geometry on the force mode of the combined radial-direct extrusion with compression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2020. 2. 1 (104), pp. 15 –22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198433>.
6. Aliieva L.I., Markov O.Y., Aliiev I.S., Hrudkina N.S., Levchenko V.N., Malii Kh.V. Analysis of power parameters of the combined three-direction extrusion process. *FME Transactions*. 2021. 49. 2, pp. 344–355.
7. Abhari P.B., Aliieva L.I., Aliiev I.S., Eryomina A.A. Development of schemes for extrusion in multiple ram dies. *Materials Working by Pressure*. Kramatorsk: DSEA. 2016. 1(42), pp. 223-231. ISSN 2076-21. (*In Russian*).
8. Pat. 153344 Ukraine. B23Q1/01. Basic assembly of the bed of a heavy machine. V.D. Kovalov, P.A. Havrysh, O.V. Berezshnaya, V.D. Kassov, Y.V. Vasilchenko, M.O. Malyhin. u2022 04572. app. 22/06/2023; publ. 21/06/2023. Bull. No. 25.
9. K.-G. Grote. Research of the causes of fatigue damages of metal structure welded assemblies of loading cranes "Takraf" / K.-G. Grote, J. Posnikov, N. Makarenko, P. Gavrish , V. Schepotko, Burski V. *Scientific Herald of the DSEA. Collection of scientific publications*. Kramatorsk: DSEA. 2016. 2(38), pp. 101-106. ISSN 2219-7869.
10. Schepotko V. Die bewertungs methodik der konstruktiver ausfuehrungen von maschinenelementen / V.Schepotko, P. Gavrish, N. Makarenko, V. Koinasch. *Materials of the VI international research and practice conference*. publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. 2013. 2, pp. 307–315. ISBN 978-3-941352-31-5.
11. Matarneh ME, Gharaibeh NS, Chigarev VV, Havrysh PA. Reduction of cooper to steel weld ductility fop parts in metallurgical equipment. *Journal of Mechanical Engineering*. 2020. https://jmeche.uitm.edu.my/wpcontent/uploads/2020/04/8_RI_17_1_P19_27.pdf.
12. Gavrish PA, Perig AV, Gribkov EP, Dorokhov MY. Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading. *Advances in Materials and Processing Technologies*. Forthcoming. 2020. Aug 13, pp. 1–20: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1805683>.
13. Kovalov V.D., Kurilenko Y.S. Accuracy control system for heavy machine tools with CPC based on dynamic correction of the trajectories of shaping movement. *Heavy engineering. Problems and prospects of development : materials of the V International scientific and technical conference*. Kramatorsk: DSEA. 2007, pp 61–62.
14. Berselli G., Gadaleta M., Genovesi A., Pellicciari M., Peruzzini M., Razzoli R. Engineering methods and tools enabling reconfigurable and adaptive robotic deburring. *Advances on mechanics, design engineering and manufacturing: lecture notes in mechanical engineering*. 2017, pp. 655–664.: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_66.
15. Ghaffari A., Mohammadiasl E. How to prevent undesired oscillation in NC rotary table. *Journal of vibration and control*. 2017. 23(20), pp. 3490–3503.: <https://doi.org/10.1177/1077546315593026>.
16. Hai Li, Yingguang Li, Wei Wang, Feature Based Machine Tool Accuracy Analysis Method. *Procedia CIRP*. 2015. 27, pp. 216–222.: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.069>.
17. Kovalov V. Vasilenko Y., Dašič P. Development of the integral complex of optimal control of heavy machine tools adaptive technological system for wind-power engineering parts. *Procedia Technology*. 2015. 19, pp. 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.02.022>

Havrysh P., Abhari P., Malyhin M., Kassov V. Stamping of basic units of machinery beds.

The conducted analysis and evaluation of the possibilities of manufacturing the basic components of the metal structure of the machine bed showed the need to consider the methods of combined extrusion, as well as the use of stamps with detachable matrices. Obtaining such a complex part as a basic unit by stamping metal processing technology is a promising direction for obtaining a basic unit with high accuracy in accordance with the requirements of the regulatory documentation. In order to clarify the manufacturing technology of the basic unit, mathematical modeling of the processes of precise three-dimensional stamping in closed matrices was performed using the finite element method program DEFORM 2D/3D, which allows you to determine the stress-deformed state and the force mode of the process. As a result of modeling, the dependence of the extrusion force on the displacement of the punch was determined. It was found that the force constantly increases during the forming process and reaches a value of 4.75 MN at the end of extrusion. It is shown that the greatest intensity of deformation is concentrated in the middle of the deformation center of the stamping process. When studying stress in individual parts of machine tools, it is known that due to the unevenness of the load and the concentration of stress in individual nodes, the fatigue strength of the metal structure of the bed and its rigidity become the most important. Therefore, increasing the accuracy of work and the efficiency of welded base units is an urgent goal for scientists. It was determined that precisely the shortcomings and defects of welding can reduce the durability of the machine, the accuracy and quality of the production of parts on the machine. Therefore, improving the metal structure of the machine bed by using the basic assembly increases the accuracy of the machine and its efficiency.

Butt seams in all types of welding - arc, electron beam, plasma, etc. – are the most optimal in relation to stress concentration. The absence of weld defects and in the case of minimizing welding deformations, as well as in the rational design of the seam and smooth connection of the weld to the base metal, residual welding stresses can be minimized. Research has shown that it is possible to reduce residual stresses after welding. The use of stamped base assemblies makes it possible to replace welds with high residual stresses with optimal welds – butt welds.

Key words: stamping of basic units, three-dimensional stamping in closed matrices, stress-strain state, cyclic fatigue load, corner seams, butt seams, load unevenness

Гавриш Павло Анатолійович – д-р техн. наук, професор ДДМА

Havrysh Pavlo – Dr. Sc., Full Professor, DSEA

E-mail: nauka.breda@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-0099>

Абхари Пейман – д-р техн. наук, професор, ДДМА

Abhari Payman – Dr. Sc., Full Professor, DSEA

E-mail: payharies@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0827-8149>

Малигін Микола Олегович – аспірант, ДДМА

Malyhin Mykola – postgraduate DSEA

E-mail: kolianmalyginr05@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4217-3431>

Кассов Валерій Дмитрович – д-р техн. наук, професор ДДМА

Kassov Valeriy – Dr. Sc., Full Professor, DSEA

E-mail: kassovvd@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6205-1987>

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), м. Краматорськ

Donbas State Engineering Academy (DSEA), Kramatorsk

Статья поступила в редакцию 10.09.23 г.