

Впровадження технологій холодного об'ємного штампування на підприємствах із дрібносерійним характером виробництва

У статті наведено результати вивчення та дослідження перспектив впровадження технології холодного висаджування на ТОВ „Друкмаш-центр” (м. Кіровоград). Показано, за яких умов підприємства, що працюють за дрібносерійним характером виробництва, можуть застосовувати процеси холодного об'ємного штампування. Представлені результати моніторингу придатності універсального штампувального обладнання до виконання технологічних процесів холодного висаджування. **холодне об'ємне штампування, висаджування, моніторинг, прес, штамп, деформації, гайка, енергетичний баланс**

Кіровоградське ТОВ „Друкмаш-центр” спеціалізується на конструюванні та виробництві інвалідних колясок, річна програма випуску яких, залежно від ринкового попиту, коливається в межах 4000 – 6000 штук. Природно, що в таких умовах підприємство інтенсивно використовує технології отримання об'ємних деталей методами обробки різанням. При цьому суттєво зростають витрати металопродукату. Зокрема, при виготовленні деталей „Гайка ковпачкова” ГОСТ 11860 такі витрати були прораховані в залежності від коефіцієнтів використання металу (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Показники використання металу при виготовленні деталей „Гайка ковпачкова ” ГОСТ 11860 на ТОВ «Друкмаш-центр»

Типорозмір виробу	M8	M10	M12
Коефіцієнт використання металу, %	45,44	41,83	39,79

Таким чином, існуючий технологічний процес відзначається суттєвими перевитратами металу. Відповідно зростають і супутні витрати (зокрема, вилучення та транспортування стружки). Крім того, використання технології механічної обробки знижує продуктивність виробництва та призводить до зростання собівартості деталей.

На підприємстві гайки ковпачкові виготовляють із сталей „Сталь Ст. 5” або „Сталь 35” згідно класу міцності 6, який передбачає дотримання механічних характеристик готового виробу на рівні [1]:

- напруження від випробувального навантаження не менше 600 МПа;
- твердість за Роквеллом не більше 33HRCe.

Застосування практично безвідходної технології холодного об'ємного штампування (очікувані відходи в межах до 5% пов'язані із виготовленням вихідних заготовок на металорізальному обладнанні) дозволять збільшити коефіцієнт використання металу у 2 - 3 рази. Приймаючи програму виготовлення гайок кожного типорозміру у 4000 штук, економія металопродукату по гайці M12 складе орієнтовно 150-180 кг. Крім того, перевага пропонованої технології полягає у можливості застосування більш дешевої сталі марки 10, при цьому міцнісні показники готового виробу підвищуватимуться внаслідок використання явища зміцнення.

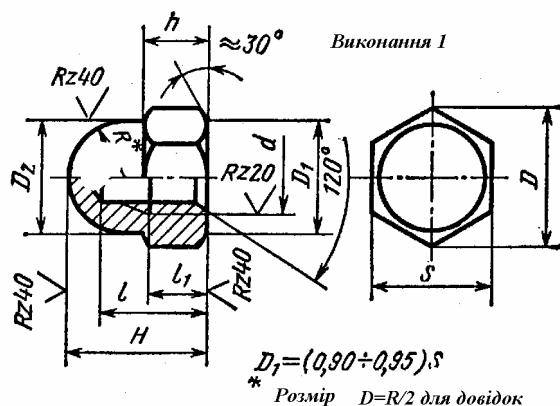


Рисунок 1 – Ескіз готового виробу та його основні параметри

Альтернативною існуючій технології була запропонована технологія холодного висаджування виробів «Гайка ковпачкова» із перспективою застосування для цієї мети універсальних кривошипних пресів, що є у наявності на підприємстві. За результатами моніторингу встановлено, що заготівельне виробництво ТОВ „Друкмаш-центр” використовує технологічне оснащення (штампи), які були свого часу спроектовані та виготовлені за нормами DIN Richtlinie (Німеччина). Зокрема, використовуються напрямні вузли із проміжними втулками кочення, котрі, як відомо, дуже чутливі до підвищених навантажень процесу. Виходячи з цього, а також бажання використовувати наявні блоки, було прийнято рішення щодо розробки двохпереходного варіанту холодного висаджування виробу „Гайка ковпачкова М12” ГОСТ 11860.

Попередньо було проведено моніторинг номенклатури та марок вихідних матеріалів, що можуть бути використані для холодного висаджування виробів типу ковпачкових гайок[2]. За його результатами було визначено, що найбільш придатним для умов ТОВ „Друкмаш-центр” є застосування каліброваного прутку із сталі 10 діаметром $D_3=17$ мм.

Вибір такого типорозміру прутка пояснюється необхідністю максимально вирівняти ступені деформації у різних частинах об’єму виробу [3], а також практично можливим в умовах підприємства способом отримання вихідної заготовки.

Внаслідок цього було запропоновано вести процес штампування за наступних 2 переходи:

- зворотнє видавлювання порожнини з одночасним утворенням фаски на одному з торців;
- остаточне видавлювання порожнини із закритим висаджуванням шестигранного фланцю.

Перший перехід штампування був спроектований, виходячи з того, що на ньому буде отримано не менше половини глибини порожнини у гайці. Другий перехід за розмірами мав відповідати конфігурації готової гайки (за винятком різьби, яка нарізатиметься окремо). При технологічній розробці переходу конструктивно встановлювали товщину дна виробу (~5,5 мм), діаметр виштовхувача ($\varnothing$ 6 мм) та недохід заплічка пуансону другого переходу до торцевої поверхні матриці (0,5 - 1 мм).

Подальші розрахунки і результати досліджень та спостережень наведені стосовно гайки М12, як найбільш матеріало- та енергомісткої у виготовленні.

Параметри гайок визначаються [1]:

- по розмірах різьби - ГОСТ 9150;
- по полях допусків 7Н - ГОСТ 16093.

Відхилення розмірів: l - по $\pm \frac{IT14}{2}$,

S - по b12, решти - по h14.

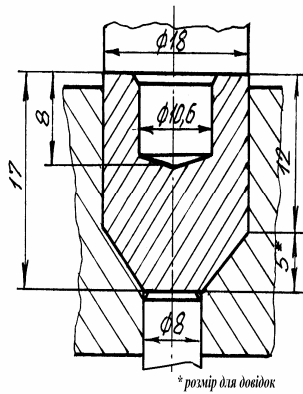


Рисунок 2 – Ескіз виробу «Гайка ковпачкова» M12 після першого переходу холодного висаджування

Підвищене значення міцності гайки, отримане внаслідок зміцнення сталі 10 в процесі її холодного об'ємного штампування, дозволяє одержувати показники класу міцності готового виробу, вищі за показники сталі 35.

Сумарне зусилля видавлювання гайки ковпачкової M12 склало $\Sigma P = 356,59(\text{кН})$. Таким чином, формально для виготовлення виробу придатний кривошипний прес зусиллям 630 кН, однак несприятливий характер зміни зусилля в ході проведення видавлювання потребував проведення моніторингу придатності обладнання.

Поставлену задачу вирішували у два етапи. На першому етапі проаналізували характер формозміни матеріалу на першому переході висаджування з метою оцінки вірогідності руйнування напівфібрикату. Зокрема, на стадії закритого осаджування заготовки її висота становить

$$h_{0..3.} = \frac{V_3}{\pi \cdot 9^2} = \frac{3064,23}{\pi \cdot 81} = 12,04(\text{мм}),$$

а на фазі осаджування

$$h_0 = 13,5 - 12,04 = 1,46(\text{мм}).$$

В процесі зворотнього видавлювання зміна висоти заготовки складає

$$h_{II} = 4,5 - 1,46 = 3,04(\text{мм}).$$

Під час фахового супроводження другого переходу обчислювали накопичені деформації:

- висотна $\Sigma e_h = e_h^I + e_h^{II} = 0,3 + 0,348 = 0,648 \rightarrow \varepsilon_h = 50\%$;
- діаметральна $\Sigma e_D = e_D^I + e_D^{II} = 1,06 + 0,318 = 1,3778 \rightarrow \varepsilon_D = 75\%$

Моніторинг можливого руйнування металу заготовки внаслідок вичерпання ресурсу його пластичності виконували з урахуванням того, що в багатьох випадках мінімізація технологічного зусилля ще не гарантує збереження цілісності отриманого виробу. Тому з метою обмеження степеню деформації при видавлюванні оптимізацію необхідно проводити також і по умові мінімуму степеню використання ресурсу пластичності[4]. Відомо, що руйнування металу при штампуванні залежить від степеню деформації зсуву Λ – пластичної деформації, що накопичена деформованою частинкою матеріалу протягом певного проміжку часу і яка підраховується вздовж траєкторії руху цієї частинки:

$$\Lambda = \sqrt{3} \int_0^t H dt, \quad (1)$$

де H – інтенсивність швидкостей деформації зсуву – є загальною характеристикою швидкості деформації.

Якщо тіло деформувати так, що механічні параметри, від яких залежить пластичність, залишались незмінними і були б відомі, умова деформованого без руйнування для будь-якої точки тіла приймає вигляд:

$$\Lambda(x, y, z) < \Lambda_p(x, y, z). \quad (2)$$

Руйнування відбувається тоді, коли згідно умови (2) $\Lambda = \Lambda_p$, або інакше $\varphi = \frac{\Lambda}{\Lambda_p} < 1$. Останній параметр має назву степені використання ресурсу пластичності (СВРП).

Розрахунок СВРП проводили у такій послідовності:

- на підставі відомих значень технологічного зусилля процесу ХОШ попередньо обирали тип штампувального обладнання і встановлювали швидкість деформування виробу;

- по відомих значенням абсолютної деформації виробу та швидкості переміщення рухомих частин штапу визначали інтервал інтегрування виразу (1);

- встановлювали механічні характеристики деформованого металу, що впливають на СВРП;

- знаходили інтенсивність швидкості та степені деформації зсуву при штампуванні виробу;

- за допомогою пакету програм «Calculator-3000» обчислювали значення СВРП.

Результат розрахунку у випадку використання для виготовлення виробу «Гайка ковпачкова» М12 однокривошипного відкритого пресу номінальним зусиллям 1МН:

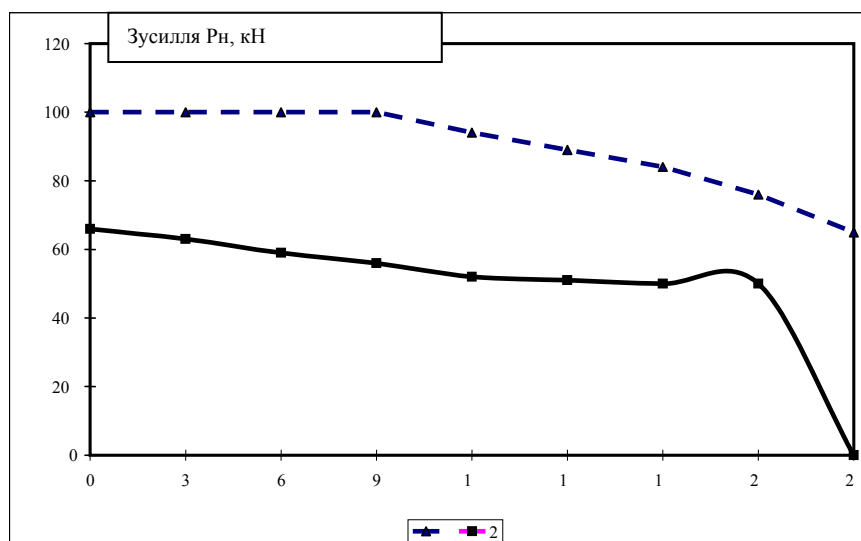
- степені використання ресурсу пластичності $\varphi = 0,679$;

- степені деформації зсуву $\Lambda = 60,39\%$.

Таким чином, моніторинг деформованості матеріалу засвідчує, що його руйнування під час холодного об'ємного штампування не очікується.

На другому етапі моніторингових досліджень з'ясовували придатність енергетичних характеристик попередньо обраного типорозміру обладнання для виконання двопозиційного холодного висаджування виробу «Гайка ковпачкова» М12.

Енергетичний баланс пресу визначали сумісною побудовою графіків номінального зусилля машини та технологічного зусилля штампування (останній побудований з урахуванням зусиль на обох переходах холодного об'ємного штампування). При цьому брали до уваги, що з метою виробничої доцільності обидва переходи штампування повинні закінчуватись одночасно. Як видно з графіків (див. рис. 3) попередньо обраний типорозмір пресу має достатній запас по зусиллю, а, отже, і по роботі деформування.



1 – Графік зміння значень номінального зусилля кривошипного пресу; 2 – Графік зміння зусилля технологічної операції

Рисунок 3 – Зміння значень енергетичних параметрів в ході штампування виробу «Гайка ковпачкова» М12

За результатами проведених досліджень можна сформулювати наступні рекомендації щодо впровадження процесів холодного об'ємного штампування (зокрема, висаджування) в умовах дрібносерійного виробництва:

– при різанні машинний час, впродовж якого відбувається зняття стружки, та допоміжний час, що використовується для виконання різних додаткових прийомів, представляє у сукупності оперативний час. Він складає від 10 - 15 с. до декількох хвилин, що становить 85 - 95% часу, необхідного для виготовлення деталей. При цьому налагоджування займає 5-15% часу. Якщо виготовляти аналогічну продукцію методами холодного об'ємного штампування, то оперативний час зменшиться до долей секунди. Оскільки число виробів невелике, то при щомісячних запусках час налагоджування перевищуватиме оперативний час в десятки разів. Тому число запусків партії штампованих деталей потрібно звести до мінімуму. Встановлено, що максимальна кількість деталей у партії в умовах дрібносерійного виробництва не може перевищувати меж, які наведені у таблиці 2;

Таблиця 2 – Оптимальні розміри партій деталей стосовно умов ТОВ «Друкмаш-центр»

Маса виробу, г	Річна програма, штук		
	До 1000	До 4000	До 8000
До 15	1000	4000	8000
До 30	1000	4000	4000
До 50	1000	2000	2000

– внаслідок високої продуктивності та застосування безвідходної технології вартість річної програми випуску деталей методами холодного об'ємного штампування може бути менше місячної партії, що виготовляється обробкою різанням. Це виправдовує зменшення числа запусків дрібносерійних деталей навіть до 1 - 2 на рік. Зменшення числа запусків приводить до економії часу не тільки на робочому місці, але і під час підготовки виробництва;

– величина партії може бути дещо зменшена лише тоді, коли це може бути обумовлено нестачею місця для зберігання готової продукції або для проміжного складу виробів, що вже пройшли операції штампування, але ще не мають нарізаної різьби.

Список літератури

1. Анурьев В.П. Справочник конструктора- машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. М.: М-е. 1980. – 576 с.
2. Ковка и штамповка. Справочник. – Т. 3. Холодная объёмная штамповка /Под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: М-е, 1987. – 384 с.
3. Евстифеев В.В., Артес А.Э. Классификация технологических процессов холодной объёмной штамповки: вопросы групповой технологии. М.: М-е, 1987.- 80с.
4. Навроцкий Г.А., Филиппов Ю.К., Шibaков В.Г. Технология холодной объёмной штамповки на автоматах. М.: Машиностроение, 1987. – 64 с.

В статье приведены результаты изучения и исследования перспектив внедрения технологии холодной высадки на ООТ «Друкмаш-центр» (г.Кировоград). Показано, в каких случаях предприятия, работающие в условиях мелкосерийного характера производства, могут эффективно использовать процессы холодной объёмной штамповки. Представлены результаты мониторинга пригодности универсального штамповочного оборудования к выполнению технологических процессов холодной высадки.

The results of the study happen to In article and studies of the prospects of the introduction to technologies of the cool upsetting on "Druk mash-centre" Ltd (Kirovograd). It is shown, in what events of the enterprise, working in condition of small series production, can effectively use the processes of the cool forging. Presented results of the monitoring to fitness of the universal punching equipment to performing the technological processes of the cool upsetting.