

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-139-143

УДК 621.92

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
СКЛАДАННЯ ПРЕСОВИХ З'ЄДНАНЬ**

©Резніченко М. К.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про автора:**

Резніченко Микола Кирилович: ORCID: 0000-0002-6989-0270; rezlynik@ukr.net; доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна

В статті розглянуті питання визначення енергоекономічного методу технологічного процесу складання пресових (з натягом) з'єднань. Показано, що енергоемність процесів залежить від геометричних розмірів деталей, структури технологічного процесу та натягу в з'єднанні.

Узагальнюючи отримані дані для різних посадок з'єднань зі сталі з полошним валом дозволяють визначити області пріоритетного застосування технологій складання запресовкою або з використанням попереднього нагріву. Рівень енергоспоживання можна максимально зменшити, як за рахунок економічного обладнання, так і за рахунок економічної технології.

Ключові слова: технологія, складання, енергоефективність, термодія, пресове з'єднання, розбирання, енергоемність, технологічний процес, натяг, контактний тиск.

Резніченко Н.К. «Определение энергоэкономичных технологий сборки прессовых соединений»

В статье рассмотрены вопросы определения энергоэкономичного метода технологического процесса сборки прессовых (с натягом) соединений. Показано, что энергоёмкость процессов зависит от геометрических размеров деталей, структуры технологического процесса и натяжения в соединении.

Обобщая полученные данные для различных посадок соединений из стали с полым валом позволяют определить области приоритетного применения технологий сборки запресовки, или с использованием предварительного нагрева. Уровень энергопотребления можно минимизировать, как за счет экономичного оборудования, так и за счет экономичной технологии.

Ключевые слова: технология, сборка, энергоэффективность, термодействие, соединение с натягом, разборка, энергоёмкость, технологический процесс, натяг, контактное давление.

Reznychenko N. «Determination of energy-efficient technologies for the assembly of press joints».

The article deals with the issues of determining the energy-economic method of the technological process of assembling press (with tension) connections. It is shown that the energy intensity of processes depends on the geometric dimensions of the parts, the structure of the technological process and the tension in the joint.

Technological design of press compounds should be considered first of all with respect to pressing technologies and using induction heating. Pressing provides, under other equal conditions, less durability of the connection than the addition with heating, but it is less energy-intensive. At high contact pressure, in the contact details, due to the high tension, when pressed on the landing surfaces there are plastic deformations that lead to the formation of risks or even zadirov. A large tension when combined with heating requires a higher temperature of heating. The dependence of the required temperature of heating of parts from steel, from the landing diameter of the connection is shown.

The graphs of the dependence of the required temperature difference for the considered landings are presented. It is shown that the heating temperatures of parts are significant for connections with small seat diameters. This is due not only to relatively large tensions, but also to relatively large thermal gaps. Thus, connections with small diameter and thick-walled covering parts for all types of landing with a tension for qualitative characteristics are in the risk zone. Reducing the necessary gap by further refinement of technical assembly systems will make it possible to collect with heating connections with diameters less than 100 mm.

Summarizing the data obtained for different landings of steel joints with a piston shaft, it is possible to determine the areas of priority application of pre-compression or pre-heating technologies. The level of energy consumption can be reduced to the maximum, both at the expense of economic equipment and at the expense of economic technology.

Keywords: technology, assembly, energy efficiency, thermodynamics, press connection, disassembly, energy consumption, technological process, tension, contact pressure.

Вступ

Сучасне машинобудівне виробництво є різносерійним, багато-номенклатурним, з частотою зміною виробів. Зросли вимоги до термінів розробки технологій, поліпшення їх якості і зниження витрат. Тому необхідно мати знання про шляхи вдосконалення технологій.

Процеси збирання та розбирання з'єднань з натягом, в яких використовується індукційний нагрів на деталі, характеризується рядом загальних закономірностей: тимчасова зміна розмірів деталей в відповідно з законами нагрівання та охолодження твердих тіл, змінність циклу через різні тривалості процесу скріплення деталей при складанні та розкріпленні з'єднання при розбиранні, вільне поєднання, чи роз'єднання деталей внаслідок наявності термічного зазору між ними.

Енергоємність процесів залежить не тільки від рівня нагріву деталей, але і від структури технологічного процесу (ТП). У зв'язку з цим необхідно визначити область ефективного застосування технологій, в яких деталі піддаються нагріванню.

1. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Пресові з'єднання деталей використовуються в різних галузях промисловості. Складання-розбирання з'єднань з натягом можна виконувати пресовим методом, або нагрівом, що

являється більш ефективним. Роботи з використанням електронагріву започаткував А. Годолін, ще в 19 столітті. В подальшому питаннями складання пресових з'єднань з термодією займалися М. П. Новіков, Л. І. Жабін, Г. Я. Андреев, Б. М. Арпентьев і інші.

Однак, в роботах не знайшли розгляду питання визначення енергоефективних технологій складання з'єднань.

2. Ціль та задачі дослідження

В задачу дослідження ставиться питання визначення енергоефективного технологічного процесу складання з'єднань з натягом в залежності від геометричних розмірів деталей.

3. Виклад основного матеріалу дослідження

Технологічність конструкції пресових з'єднань необхідно розглядати в першу чергу по відношенню до технологій запресовки і з використанням індукційного нагрівання. Як зазначалося, запресовка забезпечує, при інших рівних умовах, меншу міцність з'єднання ніж складання з нагріванням, але вона менш енергоємна. При великому контактному тиску (P), в контакті деталей, внаслідок великого натягу (N), при запресовуванні на посадочних поверхнях виникають пластичні деформації, що призводять до утворення рисок або навіть задирів. Велика величина N при складанні з нагріванням вимагає більш високої температури нагріву. До посадок з натягом, які часто використовуються у машинобудуванні, відносяться посадки з відхиленням H7, H8 при h6, p6, r6, s6, u7, u8, x7, z8 (системні отвори) і N7, P7, R7, S7, N8, U8 при h6, h7, h8 (система валу). Розглянувши використання деяких найбільш вживаних посадок для з'єднань з конструкційної сталі з довжиною валу більшою, ніж довжина втулки, що часто застосовується в конструкціях виробів, виконані розрахунки і побудовані відповідні графіки, представлені на рис. 1.

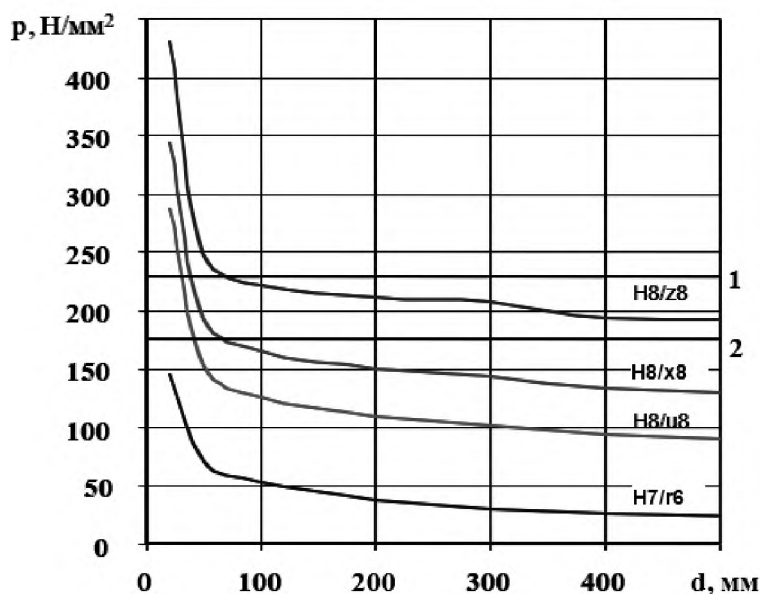


Рис. 1. Залежність питомої тиску на контактних поверхнях деталей від посадки і діаметру з'єднання

Як видно з рис. 1. застосування посадки $\frac{H7}{r6}$ найбільш легкої із розглянутих, для з'єднань всіх діаметрів не викликає побоювання щодо виникнення пластичного деформування матеріалу. Для посадки $\frac{H8}{x8}$ можлива поява зон пластичних деформацій в разі, якщо деталь буде більш жорстка (товщина стінки втулки більше 0,4d). При розгляді з'єднань з механічними властивостями матеріалу деталей відмінних від тих, для яких визначені області застосування по рис. 1., слід вносити відповідні поправки.

Як видно з графіків, при малих діаметрах з'єднання ($d < 50\text{мм}$) питомий тиск досягає значних величин, але в міру збільшення d воно різко знижується. У зоні пружних деформацій деталей (нижче лінії 1 для сталі 45 і нижче лінії 2 для сталі Ст.3) виявляються відповідно всі великогабаритні з'єднання з розглянутими посадками, і великогабаритні з'єднання і

посадками $H8/h8$, $H8/h7$ і $H7/g6$.

При розгляді з'єднань з механічними властивостями матеріалу деталей відмінних від тих, для яких визначені області застосування по рис.1., слід вносити відповідні поправки. Оскільки при наявності хоча б окремих зон пластичного деформування металу при складанні з'єднань запресовкою на посадочних поверхнях деталей з'являються ризики або навіть задири, які при експлуатації є джерелом руйнування, формування таких з'єднань, доцільно виконувати з термічним зазором. Тобто застосовувати технології, що використовують термодію. Розглянемо з позиції забезпечення якості з'єднання технологію збирання з використанням нагріву. Якщо головним обмеженням за якістю пресової технології є пластичне деформування матеріалу деталей, то для технології з нагріванням головним обмеженням є температура, оскільки нагрівання, наприклад, сталевих не термооброблених деталей вище $350\text{--}400\text{ }^\circ\text{C}$ викликає зміну їх фізико механічних властивостей [2,4].

Графіки залежності необхідного температурного перепаду $N_{\text{тmax}}$ для розглянутих посадок показані на рис.2. Тут враховується максимальне значення термічного зазору в з'єднанні (який отримують внаслідок нагрівання). Його величина розрахована по залежності $0,01\sqrt{d}$ [3]. Як видно, температури нагріву деталей значні для з'єднань з малими посадочними діаметрами. Це пояснюється не тільки відносно великими натягами, але і відносно великими термічними зазорами. Таким чином, з'єднання з малим d і товстостінними охоплюючими деталями для всіх типів посадок з натягом за якісними характеристиками знаходяться в зоні ризику.

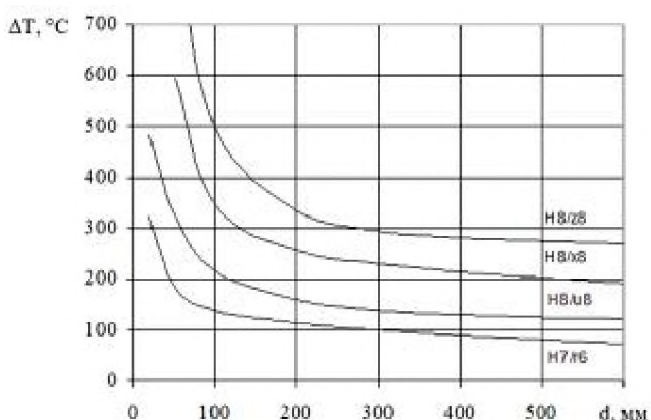


Рис.2. Залежність необхідної температури нагріву деталей зі сталі для компенсації натягу і освіти термічного зазору, від посадкового діаметра з'єднань

Слід зазначити, що зазвичай приймається термічний складальний зазор величиною $0,01\sqrt{d}$ є завищеними особливо для малих діаметрів рис.2. Зниження необхідного зазору S за рахунок подальшого вдосконалення технічних складальних систем дасть можливість збирати з нагріванням з'єднання з посадками $H8/h8$ при $d < 100\text{мм}$. Це дозволить знизити загальний витрата теплової енергії, що йде на нагрів деталей.

Висновки

Узагальнюючи отримані дані для різних посадок з'єднань зі сталі з сполосним валом дозволяють визначити області пріоритетного застосування технологій складання запресовкою або з використанням попереднього нагріву. Рівень енергоспоживання можна максимально зменшити як за рахунок економічного обладнання, так і за рахунок економічної технології.

Список використаних джерел:

1. Резніченко М. К. Якість та енергозбереження в процесах складання та розбирання з'єднань індукційним нагрівом / М. К. Резніченко ; Укр. інж-пед. акад. – Горлівка : Ліхтар, 2009. – 180 с.
2. Андреева Г. Я. Теплова збірка колісних пар / Г. Я. Андреева. – Харків : ХДУ, 1965. – 227 с.
3. Берникер Е. И. Посадки с натягом в машиностроении / Е. И. Берникер. – М. : Машиностроение, 1996. – 168 с.
4. Лозинский М. Г. Промышленное применение индукционного нагрева / М. Г. Лозинский. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 471 с.
5. Technological design of press compounds should be considered first of all with respect to pressing technologies and using induction heating.
6. Yi-Lang Yang and Shyong Lee // *Journal of Materials Processing Technology* 140 (2003).

References

1. Reznichenko, MK 2009, Yakist ta enerhozberezhennia v protsesakh skladannia ta rozbyrannia ziednan induktsiinyim nahrivom, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia, Likhtar, Horlivka.
2. Andrieieva, Hla 1965, Teplova zbirka kolisnykh par, Kharkivskiy derzhavnyi universytet, Kharkiv.
3. Berniker, EI 1996, Posadki s natjagom v mashinostroenii, Mashinostroenie, Moskva.
4. Lozinskij, MG 1958, Promyshlennoe primenenie indukcionnogo nagreva, Izdatelstvo Akademii nauk Sojuza Sovetskikh Socialisticheskikh Respublik, Moskva.
5. Technological design of press compounds should be considered first of all with respect to pressing technologies and using induction heating.
6. Yi-Lang Yang and Shyong Lee // *Journal of Materials Processing Technology* 140 (2003).

Стаття надійшла до редакції 7 квітня 2019 р.