

©Шелкунова Н.Л.

ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ У ПРОЦЕСАХ СКЛАДАННЯ ТА РОЗБИРАННІ З'ЄДНАНЬ З НАТЯГОМ

1. Постановка проблеми

Серед усіх з'єднань, в складальних процесах, з'єднання з натягом займають третє місце.

Особливий інтерес, представляють процеси складання нерухомих з'єднань, із застосуванням індукційного нагріву.

Такі з'єднання застосовуються в різних галузях машинобудування, якщо потрібно передати або сприйняти значні осьові сили або моменти, що крутять.

Основними способами складання, як відомо, являється пресування, нагрів деталі, що охоплює, або охолодження охоплюваної деталі.

Одним з основних недоліків при запресовуванні є відсутність гарантій в отриманні необхідної міцності пресового сполучення, а так само відсутність закономірності у дії чинників, що визначають зусилля запресовування, це часто призводить до того, що одне пресове сполучення виходить з достатнім запасом міцності, а інше – непридатним до експлуатації. Такі дефекти нерідко виявляються не в процесі запресування, а під час експлуатації.

Різне поєднання чинників, що впливають на зусилля запресовування, є однією з причин значного відсотку браку.

Брак по запресовуванню відбувається із-за занижених або завищених технічними умовами тисків, із-за задирок на посадочних поверхнях осей і з інших технологічних причин. Ряд чинників, що впливають на підвищення зусилля запресовування, одночасно може привести до різкого зниження міцності пресового сполучення. Як показали численні дослідження, процес запресовування нерідко супроводжується руйнуванням поверхонь, що

сполучаються, у вигляді мікротріщин, рисок і задирів. Причина цього криється у самому технологічному методі запресовування.

2. Аналіз останніх досліджень

Міцність з'єднань, отриманих шляхом нагріву перед складанням деталі, що охоплює, або охолодження охоплюваної в 2-2,5 рази вище за міцність з'єднань, виконаних запресовуванням при ідентичних параметрах.

Збирання з нагрівом або охолодженням, особливо великогабаритних з'єднань, спрощує і здешевлює складальне устаткування у зв'язку з тим, що зчленування деталей виконується вільно з термічним зазором. Термічний зазор - тимчасовий зазор між посадочними поверхнями деталей, що утворюється при їх розширенні (нагріванні) або звуженні (охолодженні).

3. Виклад основного матеріалу

Якість з'єднань з натягом, що збираються з використанням термічних методів залежить від основних показників технологічного процесу нагріву або охолодження. До цих показників відносяться: максимальна температура, швидкість нагріву або охолодження, остаточна твердість поверхневого шару (для термооброблених деталей), методи контролю температур в процесі і після термовпливу. Для операції нагріву неприпустимою є поява окалини, пластичні деформації в металі і великі відхилення в геометрії форми посадочного отвору. При складанні з охолодженням необхідно враховувати зміну фізико-механічних властивостей матеріалів при низьких температурах. Щоб здійснити стандартну посадку з охолодженням у більшості випадків потрібні досить низькі температури. Застосовують два способи охолодження деталей : без контакту і при безпосередньому контакті деталей з хладоагентом. При першому способі використовують камери, низькі температури в яких створюються за допомогою різних холодильних установок або хладоагентів. Процес охолодження триває від декількох хвилин до декількох годин, залежно від маси і розміру деталі. Другий спосіб простіший, а швидкість охолодження деталей значно вища, ніж

при безконтактному охолодженні. Незважаючи на деякі переваги посадки з охолодженням, перевага при цьому віддається складанню з нагрівом. Це пов'язано з невеликими можливостями значень температур при охолодженні (рідкий азот – 198 °С), труднощами зберігання хладоносіїв, складністю вбудовування холодильних агрегатів в автоматичні системи. Ймовірно, що поширення складання з охолодженням йтиме в області з'єднань малих охоплюваних деталей з тими, масивними, що охоплюють. Це підтверджується досвідом зарубіжної, зокрема автомобільної промисловості. Технологія складання з нагрівом, включає, щонайменше, один нагрів деталі, що охоплює з обов'язковим осьовим поєднанням посадкових поверхонь деталей з'єднання і процесом перерозподілу теплоти при з'єднанні.

Деталі під складання можна нагрівати в масляних ваннах, полум'яних низькотемпературних печах, електропечах непрямого нагріву та в електроконтактних і індукційних установках.

Нагрів у масляних ваннах відбувається внаслідок теплообміну між деталями і рідким середовищем (масло, що підігрівається зазвичай електронагрівачами). Це непродуктивний процес. Температура нагріву деталі до 120 °С.

Полум'яний нагрів і нагрів деталей в електропечах здійснюється газовим середовищем (гарячим повітрям). Основний недолік цього виду нагріву - тривалість знаходження деталі в печі і сильне окислення металу (особливо при полум'яному нагріві) аж до появи окалини на посадочній поверхні. Самі печі громіздкі, вимагають великих витрат енергії на розігрівання, мають нижчий ККД, ніж установки контактної або індукційної нагріву. Електропечі непрямого нагріву вимагають так само періодичної зміни нагрівачів. У рідкому і газовому середовищі деталь нагрівається цілком, оскільки місцевий нагрів нездійснений. Це призводить в деяких випадках до великих енерговитрат.

Електроконтактний нагрів відбувається за рахунок теплової енергії струму промислової частоти (50Гц), що протікає по металу. Деталь включають

у вторинний ланцюг трансформатора, через який проходить струм великої сили.

Позитивними якостями цього способу є швидкість нагріву низька витрата енергії (високий ККД) і невеликі розміри нагрівальних пристроїв. Проте є і наступні негативні сторони:

— деталь повинна мати приблизно однаковий переріз по довжині, інакше ділянки з меншим перерізом нагріватимуться значно швидше, ніж інші;

— площа перерізу не має бути великою інакше набагато збільшиться час нагріву, а отже, зростуть витрати теплоти, що різко знижує ККД;

— потрібний хороший контакт кінців деталі із затисками, що подають струм. Якщо ж контакт занадто сильний, то частина теплоти від заготовки відводиться затисками. Якщо контакт слабкий, то збільшується опір і відбувається в цьому місці перегрівання.

Ці недоліки гальмують можливість застосування методу електроконтактного нагріву під складання.

Індукційний спосіб нагріву широко використовується в машинобудуванні з великою технологічною різноманітністю, але для нагріву деталей під складання його стали застосовувати порівняно недавно.

На території Радянського Союзу перша спроба застосування струмів високої частоти для нагріву металів була зроблена в 20-і роки ХХ ст. в Нижегородській лабораторії професором В.П. Вологдіним.

З аналізу літератури можна зробити висновок, що до початку 30 років ХХ століття дозріли передумови для широкого впровадження індукційного електронагріву в металопромисловість. У СРСР застосування електроструму для поверхневого зміцнення металів стало вивчатися з 1930р. за ініціативою професора В.Н. Гевелінга. У 1933р. в американських журналах з'явилися статті Нортрупа про застосування індукційного нагріву для термообробки металів.

У 1935р. за ініціативою інженерів Б.Н. Романова і Б.Н. Орлова було розпочато роботи по поверхневому загартуванню в лабораторії професора Вологдіна В.П. в Ленінграді (нині Санкт-Петербург). У той же час в

американських і англійських журналах почали з'являтися статті про роботи фірми Тоссо – The Ohio Crankshaft Co. в галузі поверхневого загартування. У 1936р. Тоссо вдалося налагодити масове загартування шийок колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання.

У 1936р. Г.І. Бабатом спільно з інженером Н.Г. Лозинським було почато вивчення індукційного нагріву для цілей термообробки в лабораторії заводу «Світлана».

У ці ж роки почалося численне застосування струмів високої частоти для нагріву під кування і штампування, для пайки і зварювання, часткового відпускання і поверхневого легування. А вже в 1940р. на багатьох заводах Радянського Союзу знаходилися в промисловій експлуатації високочастотні гартівні установки.

У період Великої Вітчизняної війни на багатьох підприємствах СРСР метод індукційного поверхневого загартування вже широко використовувався при випуску військової продукції.

У перші післявоєнні роки на великих заводах, таких як ЗІЛ, ІГПЗ, ГАЗ, МЗМА та ін. склалися колективи фахівців, ентузіастів цього прогресивного напрямку. Широкому впровадженню індукційних установок, сприяло проведення великих теоретичних і експериментальних досліджень Всесоюзним науково – дослідним інститутом струмів високої частоти, організованим в 1946р. за ініціативою члена кореспондента АН СРСР професора Вологдіна В.П, де були створені різні конструкції індукційних установок для цілей поверхневого загартування і наскрізного нагріву на підвищених і високих частотах.

Починаючи з 1952р. розробка установок індукційного нагріву здійснюється Всесоюзним науково – дослідним інститутом електротермічного устаткування (ВНІЕТУ), яким було створено і передано в серійне виробництво ряд конструкцій індукційних плавильних печей, універсальних гартівних установок, високочастотних трансформаторів і індукційних нагрівальних установок підвищеної і промислової частоти.

В період 1952-1954р.р.. професором Андрєєвим Г.Я. були зроблені перші спроби використати індукційний нагрів струмами промислової частоти при збиранні-розбиранні з'єднань з гарантованим натягом.

У ці роки Андрєєв Г.Я. отримує авторське свідоцтво «Спосіб формування залізничних, трамвайних і інших колісних пар».

Суть методу полягала в нагріві коліс, шківів та інших деталей, подальше охолодження яких і схоплювання з валом, дозволило отримати теплове з'єднання, міцність якого, як довів Андрєєв Г.Я., на зрушення і прокручування значно вище з'єднання, що здійснено запресовуванням. У 1953р. Андрєєв Г.Я. захистив кандидатську, а в 1966р., докторську дисертації на тему дослідження теплового з'єднання колісних пар.

У 1954р. Всесоюзний науково - дослідний інститут (ВНДІТ) тепловоза провів додаткові дослідження теплового і пресового з'єднань, зокрема виконав роботу на випробування осей на втому. Результати, отримані ВНДІТ, підтвердили висновки Андрєєва Г.Я. про переваги теплового методу формування колісних пар.

У кінці 1956р. за ініціативою директора Уралвагонзаводу Окунєва І.В. і керівника експериментального сектора відділу головного конструктора заводу Хорхоріна А.М., Андрєєвим Г.Я. спільно з представниками ВНДІТ був сформований на Уралвагонзаводі перший дослідний маршрут з 200 колісних пар, складених тепловим методом.

Працівники ВНДІТ і Уралвагонзаводу брали участь і в подальших дослідженнях теплового методу, зокрема, у формуванні і оглядах колісних пар дослідних маршрутів, що дало в цілому позитивні результати.

У подальшому, в розробці питань використання індукційного нагріву при складанні - розбиранні з'єднань з гарантованим натягом брали участь аспіранти і співробітники науково – дослідної лабораторії Автоматизації технологічних процесів в машинобудуванні Українського заочного політехнічного інституту (нині НДЛ «Термозбирання» Української інженерно-педагогічної академії, м. Харкова), керованою Андрєєвим Г.Я.

Висновки

Результати виконаних ним досліджень більше 50-років використовуються при індукційно-тепловому складанні і розбиранні численних вузлів, що застосовуються в різних галузях машинобудування. У важкому, енергетичному і транспортному машинобудуванні, суднобудуванні, гірському машинобудуванні при складанні виробів відповідального призначення і їх розбиранні для ремонту і профілактики, застосовуються технології індукційного нагріву. Технології, що використовують індукційний нагрів знаходять все більше поширення в усіх галузях народного господарства, оскільки мають важливі переваги перед технологіями, що використовують інші види нагріву – краща керованість, екологічна чистота, компактність устаткування.

Список використаних джерел:

1. Зенкин А. С. Сборка неподвижных соединений термическими методами / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. – М. : Машиностроения, 1987. – 128 с.
2. Андреев Г. Я. Тепловая сборка колёсных пар : [монография] / Г. Я. Андреев. – Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1965. – 227 с.
3. Резниченко Н. К. Технологические основы обеспечения качества и энергосбережения в процессах сборки и разборки с индукционным нагревом : дис. ... д-ра техн. наук / Н. К. Резниченко. – Х., 2008. – 350 с.
4. Бабат Г. И. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение / Г. И. Бабат. – М. ; Л. : Энергия, 1965. – 552 с.
5. Northrup E. F. Practical Methods for Heating Solids by Induction / E. F. Northrup // Iron Age. – 1933. – Vol. 131, jan. – P. 165 ; Febr. 23. – P. 310–311.
6. Простяков А. А. Индукционные нагревательные установки / А. А. Простяков. – М. : Энергия, 1970. – 120 с.

Шелкунова Н.Л. «Передумови використання індукційного нагріву у зборці і розбиранні з'єднань з натягом».

Проведено аналіз основних способів складання - розбирання з'єднань з гарантованим натягом. Даний аналіз історичного шляху розвитку індукційного нагріву в машинобудуванні. Показана роль основоположника застосування індукційного нагріву Г. Я. Андрєєва в цих процесах.

Ключові слова: індукційний нагрів, складання-розбирання, пресування, міцність.

Шелкунова Н.Л. «Предпосылки использования индукционного нагрева в сборке и разборке соединений с натягом».

Проведен анализ основных способов сборки – разборки соединений с гарантированным натягом. Дан анализ исторического пути развития индукционного нагрева в машиностроении. Показана роль основоположника применения индукционного нагрева Г.Я. Андреева в данных процессах.

Ключевые слова: индукционный нагрев, сборка-разборка, прессование, прочность.

Shelkunova N.L. “Pre-conditions of the use of the induction heating in assembling and sorting out of pressure couplings”.

The analysis of basic methods of assembling is conducted are sorting out of connections with assured. The analysis of historical way of development of the induction heating in machine building is given. The role of founder of application of the induction heating Andreev in these processes is shown.

Key words: induction heating, assembling-sorting out, pressing, durability.

Стаття надійшла до редакції 1 грудня 2011 р.