

УДК 621.365.5

С. Л. ГОРЯЩЕНКО,
А. В. ШЕВЧУК,
Ю. В. КРАВЧИК

Хмельницький національний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В даній статті проведено аналіз сучасного стану електротехнічної промисловості та перспективи її розвитку за допомогою новітніх технологій. Розглянуто області застосування технології індукційного нагрівання та наведені характерні напрямки її застосування в електротехнічній промисловості, зокрема під час нанесення абразивного покриття і загартовування металів.

Ключові слова: електротехнічна промисловість, індуктивність, індукційний нагрівач, електропровідні матеріали.

S. GORJASCHENKO,
A. SHEVCHUK,
Y. KRAVCHIK

Khmelnitsky National University

PROSPECTS OF THE APPLICATION AND REVIEW OF THE TECHNOLOGY OF INDUCTION HEATING OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE MATERIALS IN THE ELECTRO-TECHNICAL INDUSTRY

In this article the analysis of present status of electrical industry and prospects of its development using the latest technologies. The paper considers the application of technology of induction heating and bringing the characteristic areas of its application in electro-technical industry, in particular during the application of abrasive coating and hardening of metals. The necessary stage of the design of induction heaters is the preliminary determination by calculation of the electrical and geometric characteristics of the induction coils, taking into account the design and technological details that are subject to induction heating. The heater must meet the following requirements: 1) provide the heating of the parts to the desired temperature with the required speed; 2) not to change the physical and chemical properties of the material of the detail; 3) to be safe, reliable and economical in operation, convenient in service and repair. The complexity of manufacturing of the induction heaters is in high labor costs, which in this case determine the perspective of inductor constructing. The use of parametric design with the help of modern CAD allows significantly reduce labor costs while induction heating designing. The application of induction heating technology in the electrotechnical industry is a huge leap forward in metallurgical production. This technology makes it possible to significantly increase the heating and melting speed of any conductive material in any environment. Therefore, all researches implemented in this direction are relevant, and the obtained results and equipment will be practically used.

Keywords: Electrotechnical industry, inductance, induction heater, electrically conductive materials.

ВСТУП. Електротехнічна промисловість – галузь машинобудування, що здійснює наукове обґрунтування, конструкторське розроблення та виготовлення машин, апаратів, пристроїв, призначених для виробництва, перетворення, передавання, розподілу і споживання електроенергії, виникла у 1870-х рр. на основі досягнень електротехніки.

Підприємства вітчизняної електротехнічної галузі на даний момент не в кращому стані, причиною чого є не тільки нестабільна економіка, але й відсутність технічного переоснащення, адаптація підприємств до зовнішнього середовища, нераціональне використання ресурсів, зменшення інвестицій, погано сформовані цілі підприємств та маркетингові стратегії.

Які тренди будуть визначати розвиток галузі в найближчі роки? Ринок електротехнічної промисловості продовжує інтенсивно зростати. У сегменті офісного освітлення помітно видно зростання інтересу не тільки функціонування, але і естетики. В побутовому освітленні головну роль грають сучасні тенденції в оформленні інтер'єру. Споживачі стають більш вимогливими та частіше віддають перевагу якіснішим високотехнологічним світовим продуктам, а не вітчизняним, які є більш дешевшим. Розробка широкої номенклатури світильників дозволить досягти високих показників реалізації. Підйому загального стану української економіки можна досягти, вийшовши на новий, потужніший за дизайном та технологічними характеристиками рівень світлотехнічного виробництва.

Індукційне нагрівання — це нагрівання матеріалів електричними струмами, які індукуються змінним магнітним полем. Отже, це нагрівання виробів з провідних матеріалів (провідників) магнітним полем індукторів (джерел змінного магнітного поля). Воно відбувається внаслідок явища електромагнітної індукції.

Індукційний нагрів різко підвищує пропускну здатність виробництва. Це надзвичайно швидкий процес, із великим ресурсом повторюваності, з можливістю легкої інтеграції у виробничі лінії. При застосуванні індукції звичною є індивідуальна обробка окремих заготовок. Завдяки цьому кожна заготовка гартується за окремими точно визначеними параметрами. Ці параметри для кожної заготовки можуть зберігатися на ваших серверах. Загартування з допомогою індукції – чисте, безпечне і зазвичай залишає по собі незначний слід. А завдяки чіткій локалізації в певній частині заготовки воно ще й надзвичайно енергоефективне.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ. У машинобудуванні для нагріву деталей для складання (розбирання) широко застосовуються індукційні нагрівачі з живленням обмотки струмами промислової частоти (50 Гц). Доцільність застосування індукційних нагрівачів для збирання і розбирання з'єднань з натягом доведена багаторічною практикою. Використання інших способів розбирання пов'язано з необхідністю мати дороге обладнання (преси великої потужності), або наявність джерел підвищеної небезпеки (відкритий вогонь). Крім того, індукційний нагрів, при якому тепло генерується безпосередньо в деталі, є більш прогресивним і ефективним. Найбільш ефективними індукційними нагрівачами, застосовуваними для розбирання з'єднань з натягом, є нагрівачі, що працюють на токах промислової частоти. Вони не вимагають дорогих перетворювачів частоти, прості за конструкцією і дозволяють досягти більшої рівномірності нагріву.

Необхідним етапом проектування індукційних нагрівачів є попереднє визначення розрахунковим шляхом електричних і геометричних характеристик індукційних котушок, з урахуванням конструктивних і технологічних деталей, що підлягають індукційному нагріву.

Нагрівач повинен задовольняти наступним вимогам:

- 1) забезпечувати нагрів деталі до заданої температури з необхідною швидкістю;
- 2) не змінювати фізико-хімічні властивості матеріалу деталі;
- 3) бути безпечним, надійним і економічним в експлуатації, зручним при обслуговуванні і ремонті.

Складність виготовлення індукційних нагрівачів полягає у високих трудовитратах, які при цьому визначають перспективність конструювання індукторів.

Суттєво зменшити трудові витрати при проектуванні ІНУ дозволяє використання параметричного проектування за допомогою сучасних САПР.

Традиційне електромагнітне проектування ІНУ спирається на методи, що враховують електромагнітні процеси в масиві деталі, що нагрівається, і допустимі за тепловими обмеженнями електромагнітні навантаження в обмотці і магнітопроводі нагрівача.

Різноманітність геометричних форм і розмірів деталей, що нагріваються, відмінність умов нагріву при складанні і розбиранні визначають велике число вживаних конструктивних рішень.

Термічний вплив – нагрів феромагнітного елемента (черевика) використовується як підготовча операція перед основною операцією роз'єднання елементів виробу, що виконується за допомогою механічного впливу.

Система «індуктор-заготовка» являє собою трансформатор без осердя, в якому індуктор є первинною обмоткою. Заготівля є ніби вторинною обмоткою, що замкнена накоротко. Магнітний потік між обмотками замикається повітрям.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ. Розглянемо доступні і можливі застосування індукційного нагрівача в майбутньому.

1. Індукційний нагрів різко підвищує пропускну здатність виробництва. Це надзвичайно швидкий процес із великим ресурсом повторюваності, з можливістю легкої інтеграції у виробничі лінії. При застосуванні індукції звичною є індивідуальна обробка окремих заготовок. Завдяки цьому кожна заготовка гартується за окремими точно визначеними параметрами. Ці параметри для кожної заготовки можуть зберігатися на ваших серверах. Загартування з допомогою індукції – чисте, безпечне і зазвичай залишає по собі незначний слід. А завдяки чіткій локалізації в певній частині заготовки воно ще й надзвичайно енергоефективне.

2. Загартування матеріалів. Мета індукційної поверхневого гарту: отримання високої твердості поверхневого шару при збереженні в'язкої середини деталі. Для отримання такого загартування проводять швидкий нагрів деталі на задану глибину струмом, індуктованим поверхневим шаром металу з наступним охолодженням.

3. Обробка дрібних деталей, які можуть пошкодитися під час газополум'яного або дугового нагрівання.

4. Розпилення гетеру і прогрівання (активація) катоду в процесі виробництва вакуумних електронних приладів.

5. Знезараження медичного інструменту. Оскільки розігрів ведеться за допомогою електромагнітного випромінювання, відсутнє забруднення заготовки продуктами горіння факела в разі газополум'яного нагріву, або матеріалом електрода в разі дугового нагріву.

6. Легка автоматизація обладнання і конвеєрних виробничих ліній. Простота управління циклами нагрівання та охолодження. Просте регулювання і утримування температури, стабілізація потужності, подача і знімання заготовок.

7. Индуктор можна виготовити будь-якої форми; це дозволить рівномірно прогрівати по всій поверхні деталі складної конфігурації.

ВИСНОВКИ. Застосування технології індукційного нагрівання в електротехнічній промисловості – це величезний стрибок вперед металургійного виробництва. Ця технологія дає змогу значно збільшити швидкість нагріву і плавлення будь-якого електропровідного матеріалу у будь-якому середовищі. Тому всі наукові дослідження та розробки, що будуть проведені та здійснені в цьому напрямку, є актуальними, а отримані результати та устаткування матимуть практичне застосування.

Література

1. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева / А.Е. Слухоцкий. – Л. : Машиностроение, 1989. – С. 69.
2. Патент на корисну модель № 64393. Індукційний нагрівач / О.М. Шаблій, Ч.В. Пулька, М.С. Базар. – Заяв. № u2011 03585 від 25.03.2011 р.; опубл. 10.11.2011 р. Бюл. № 21.
3. Романов С.В. Використання індукційного нагріву для розкладання з'єднань з адгезійним зв'язком / С.В. Романов // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2015. – № 3 (54) – С. 174–178.
4. Офіційний сайт ТОВ «ПВФ Електросвіт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ru.esv.te.ua/>.
5. Матвеев А.М. Электричество и магнетизм / А.М. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1983. – 463 с.
6. Шаблій О.М. Високопродуктивна енергоощадна технологія індукційного нагрівання / О.М. Шаблій // Паливно-енергетичний комплекс України. Енергоефективність. Флагмани вугільної промисловості / Українська конфедерація журналістів. - К., 2011. – С. 157–160.
7. Егоров А. В. Электроплавильные печи черной металлургии / Егоров А. В. – М. : Металлургия, 1985. – 280 с.

References

1. Sluhotskiy A. E. Induktoryi dlya induktsionnogo nagreva / A.E. Sluhotskiy. – L. : Mashinostroenie, 1989. – S. 69.
2. Patent na korysnu model № 64393. Induktiiniy nahrivach / O.M. Shablii, Ch.V. Pulka, M.S. Bazar. – Zaiav. № u2011 03585 vid 25.03.2011 r.; opubl. 10.11.2011 r. Biul. № 21.
3. Romanov S.V. Vykorystannia induktsiinoho nahrivu dlia rozkladannia ziednan z adheziinym zviazkom / S.V. Romanov // Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. – 2015. – № 3 (54) – S. 174–178.
4. Ofitsiinyi sait TOV «PVF Elektrosvit» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://ru.esv.te.ua/>.
5. Matveev A.M. Elektrichestvo i magnetizm / A.M. Matveev. – M. : Vysshaya shkola, 1983. – 463 s.
6. Shablii O.M. Vysokoproduktyvna enerhooshchadna tekhnolohiia induktsiinoho nahrivannia / O.M. Shablii // Palyvno-enerhetychnyi kompleks Ukrainy. Enerhoefektyvnist. Flahmany vuhilnoi promyslovosti / Ukrainaska konfederatsiia zhurnalistiv. - K., 2011. – S. 157–160.
7. Egorov A. V. Elektroplavilnyie pechi chernoy metallurgii / Egorov A. V. – M. : Metallurgiya, 1985. – 280 s.