

ENRX

Applications du chauffage par induction

LES PROCÉDÉS, LES ÉQUIPEMENTS, LES AVANTAGES



Contents

Introduction	3	Forge par induction	14
Bobines d'induction.....	4-5	Fusion par induction	15
Trempe par induction.....	6	Redressage par induction.....	16
Revenu par induction	7	Frettage par induction	17
Brasage par induction.....	8	Fonctionnement de l'Induction	19
Collage par induction.....	9	Selectionner la meilleure solution	20-21
Soudage par induction	10	Une gamme pour chaque besoin	22
Recuit par induction.....	11	Nos clients	23
Préchauffage par induction.....	12	Notre gamme d'équipements	24
Postchauffage par induction.....	13		



Introduction

Le chauffage par induction est rapide, précis, propre, économe en énergie, contrôlable et reproductible. Plus important encore, chez ENRX, nous avons su exploiter cette technologie exceptionnelle pour pratiquement toutes les applications de chauffage industriel. ENRX – La bonne énergie peut vous mener partout.

ENRX est un acteur de premier plan dans les domaines du chauffage par induction, de la recharge inductive sans fil et de l'alimentation sans contact pour l'industrie manufacturière avancée et la mobilité. Notre expertise en chauffage par induction remonte aux années 1950. Depuis, nous sommes devenus l'un des principaux fournisseurs mondiaux dans ce domaine. À ce jour, plus de 30 000 systèmes à induction ont été installés, soutenus par notre réseau mondial d'usines, de laboratoires, de bureaux et d'agents.

Dès le départ, nous avons voulu étendre les avantages de la technologie à induction au plus grand nombre d'applications industrielles possible. Cela nous a conduit à être pionniers dans l'utilisation de l'induction pour le redressement des ponts et cloisons de navires, ainsi qu'à adopter la technologie à semi-conducteurs pour rendre les équipements d'induction plus compacts, plus sûrs, plus polyvalents et plus fiables.

Aujourd'hui, nos solutions servent à fabriquer aussi bien des robinets que des vaisseaux spatiaux, des cellules solaires que des bulldozers. Et, comme beaucoup de nos équipements sont suffisamment compacts pour être mobiles, vous trouverez également des systèmes ENRX sur des plateformes offshore, des parcs éoliens et des centrales électriques.

Les pages suivantes présentent un aperçu des principaux domaines d'application de nos équipements. Bien entendu, un document comme celui-ci ne peut tout couvrir. Si vous souhaitez en savoir plus – sur nous, ou sur les avantages techniques et commerciaux de la technologie à induction – n'hésitez pas à nous contacter. Vous trouverez nos coordonnées sur notre site web : www.enrx.com.

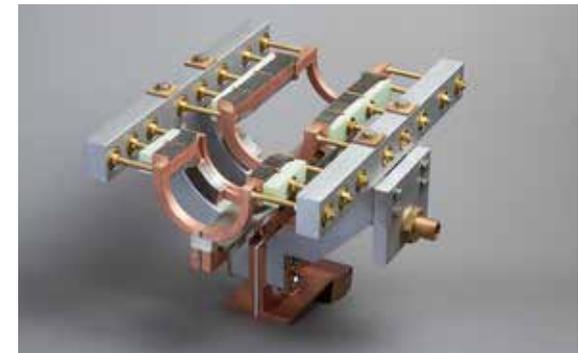
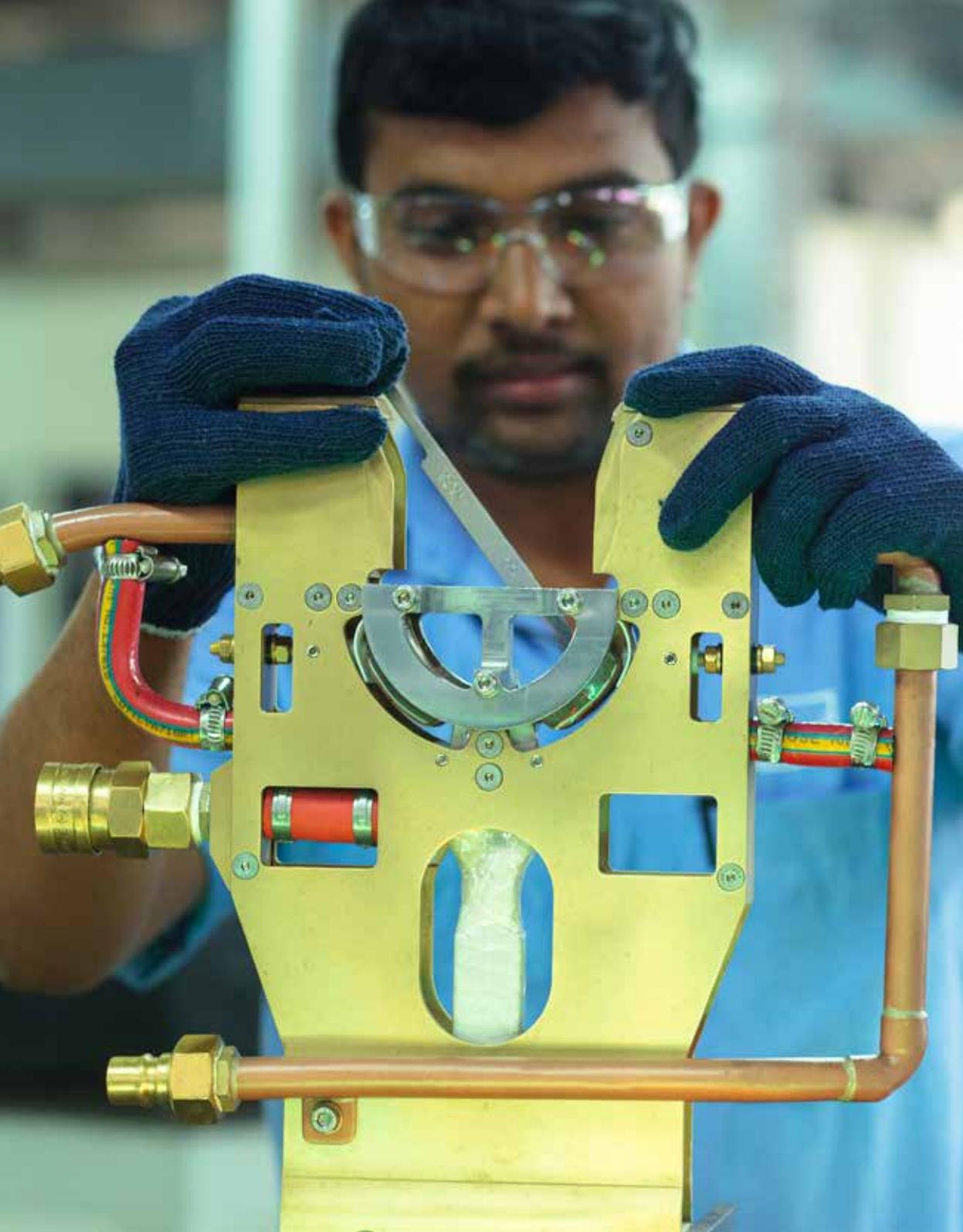


Inducteurs

La bobine d'induction, que nous appellerons "inducteur", est essentielle au processus de chauffage par induction. De nombreux facteurs influencent l'efficacité d'un inducteur : le soin apporté à sa fabrication, la qualité des matériaux utilisés, sa forme, son entretien, sa compatibilité avec la source d'alimentation, etc. C'est pourquoi il est si important d'exiger des inducteurs fabriqués et entretenus par des professionnels – de préférence par les mêmes personnes qui ont conçu votre système d'induction.

ENRX dispose peut-être des programmes de fabrication et d'entretien d'inducteurs les plus avancés au monde. Nous concevons et fabriquons non seulement des inducteurs personnalisés pour tous les matériaux et applications, mais nous proposons également des solutions de maintenance préventive et de logistique des inducteurs. Ces initiatives garantissent que vous utilisez toujours les inducteurs appropriés, et que leur durée de vie est optimisée.

Les détails de chaque inducteur ENRX sont enregistrés dans une base de données mise à jour en permanence. Par conséquent, nous pouvons remplacer ou réparer rapidement et efficacement tout inducteur, n'importe où – sans compromettre la qualité ni la productivité.



Inducteurs ENRX

Notre expertise et nos installations internes en matière d'inducteurs nous permettent de fabriquer des inducteurs sur mesure pour pratiquement toutes les applications spécialisées. Comme le montre la photo de gauche, nous avons également l'expérience de la fabrication d'inducteurs aux dimensions exceptionnelles.

Trempe par induction

Qu'est-ce que la trempe par induction ?

La trempe par induction associe chaleur induite et refroidissement rapide (par immersion dans un fluide) pour augmenter la dureté et la durabilité de l'acier. L'induction est un procédé sans contact qui produit rapidement une chaleur intense, localisée et contrôlée. Avec l'induction, seule la pièce à durcir est chauffée. Optimiser les paramètres de traitement, tels que les cycles de chauffage, les fréquences, et les caractéristiques de la bobine et de l'immersion, permet d'obtenir les meilleurs résultats possibles.

Quels sont les avantages ?

La trempe par induction permet d'améliorer la cadence de production. C'est un procédé extrêmement rapide et reproductible qui s'intègre aisément aux lignes de production. Il est propre, sûr et généralement associé à un faible encombrement. Les pièces sont généralement traitées individuellement. Le durcissement de chaque pièce peut alors être réalisé en fonction de ses spécifications propres. Vous pouvez enregistrer sur vos serveurs les paramètres de traitement optimisés pour chaque pièce à travailler. Et dans la mesure où seul le composant à durcir est chauffé, la trempe par induction est aussi un procédé à haute efficacité énergétique.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

L'induction est utilisée pour le durcissement de nombreux composants. En voici quelques exemples : engrenages, vilebrequins, arbres à cames, arbres de transmission, arbres de sortie, barres de torsion, culbuteurs, joints de transmission, tulipes, vannes, perforateurs mécaniques, couronnes de rotation, cages intérieures et extérieures.

Quel équipement est disponible ?

Hardline est la gamme ENRX de systèmes de trempe qui propose des équipements verticaux, horizontaux, à table tournante. Au cœur de nos solutions de trempe se trouvent les générateurs Sinac, disponibles avec des puissances de sortie et des fréquences allant de 5 à 2000 kW et de 0,3 à 350 kHz. ENRX peut également fournir des installations de trempe clé en main comprenant des équipements de manutention, des processus de lavage/redressage, ainsi que le développement de processus et des programmes de service et de support.



Les solutions de trempe ENRX sont utilisées par de nombreux grands fabricants automobiles mondiaux et leurs fournisseurs.



Une solution ENRX est utilisée pour durcir les énormes anneaux de rotation utilisés dans les éoliennes.

Revenu par induction

Qu'est-ce que le revenu par induction ?

Le revenu par induction est un traitement thermique appliqué aux pièces déjà durcies pour en optimiser les propriétés mécaniques, telles que la ténacité et la ductilité.

Quels sont les avantages ?

Le principal avantage du revenu par induction est la rapidité. Avec l'induction, le traitement ne dure que quelques minutes, voire quelques secondes. Au four, le revenu prend des heures. Ainsi, le revenu par induction permet de réduire considérablement le nombre de composants en cours de traitement, s'intégrant parfaitement aux lignes de production. Le revenu par induction facilite le contrôle individuel de la qualité de chacune des pièces à travailler. Les postes intégrés de revenu par induction contribuent aussi à gagner de l'espace utile que l'on sait précieux.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Le revenu par induction est largement utilisé dans l'industrie automobile pour le revenu des composants trempés en surface, tels que les arbres, les barres et les joints. Ce procédé est également utilisé dans l'industrie des tubes et tuyaux pour le revenu des pièces trempées à cœur. Le revenu par induction est parfois réalisé dans l'unité de trempe, parfois dans une ou plusieurs unités distinctes.

Quel équipement est disponible ?

Les systèmes HardLine complets sont idéaux pour de nombreuses applications de revenu. L'avantage principal de ces systèmes est qu'ils permettent d'effectuer la trempe et le revenu avec une seule machine. Cela permet des économies importantes de temps et de coûts, tout en réduisant l'encombrement, comparé à d'autres technologies. Avec les fours, par exemple, une première unité est souvent utilisée pour durcir les pièces, tandis qu'un second four est nécessaire pour le revenu. Les systèmes autonomes ENRX Sinac et Minac sont également utilisés pour des applications de revenu.



Un arbre tournant à grande vitesse à travers une bobine à induction. Le revenu par induction est inégalé en termes de vitesse et de précision.



Un système complet de revenu ENRX comprend généralement des sources d'énergie, des bobines, des mécanismes de manutention et un logiciel de contrôle. Des options de formation, de maintenance et de services sont également disponibles.

Brasage par induction

Qu'est-ce que le brasage par induction ?

Le brasage est un procédé d'assemblage de matériaux qui utilise un métal d'apport (et généralement aussi un solvant antioxydant appelé « flux ») pour joindre deux pièces métalliques étroitement rapprochées, sans fusion des matériaux de base. La chaleur induite fait fondre le métal d'apport, qui s'écoule alors par capillarité entre les métaux de base.

Quels sont les avantages ?

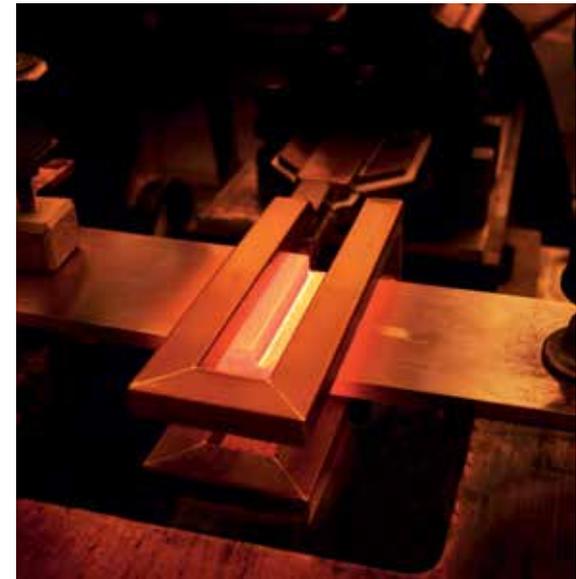
Le brasage par induction permet d'assembler tout un éventail de métaux, qu'ils soient ferreux ou non ferreux. Le procédé est précis et rapide. Le chauffage n'affecte que des zones précisément définies, laissant intacts les zones et les matériaux adjacents. Les joints correctement brasés sont solides, étanches et résistants à la corrosion. Ils sont aussi très propres et nets, si bien que toute autre opération de fraisage, de rectification ou de finition est généralement inutile. Le brasage par induction s'intègre aisément aux lignes de production.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Les systèmes de brasage d'ENRX peuvent être utilisés pour réaliser pour ainsi dire n'importe quel travail de brasage. À ce jour, nos systèmes sont typiquement utilisés dans l'électrotechnique pour braser des composants de générateurs et de transformateurs tels que barres, plaques, anneaux et fils métalliques. Ils sont aussi utilisés dans l'industrie automobile pour braser des conduites d'injection de carburant, ainsi que certaines pièces des systèmes de climatisation et de freinage. L'industrie de l'aéronautique utilise l'induction pour le brasage des pales de ventilateurs, des ailettes de boîtiers et de diverses pièces des circuits de carburant et des systèmes hydrauliques. Dans l'industrie des articles ménagers, nos systèmes servent au brasage de composants de compresseurs, d'éléments de chauffage et de robinets.

Quel équipement est disponible ?

Nos solutions de brasage incluent généralement un système Minac mobile ou Sinac stationnaire d'ENRX. Ces deux gammes de produits offrent une large plage de puissances de sortie et de fréquences, ainsi qu'un adaptateur automatique d'impédance et une compatibilité avec les robots.



Brasage avec un système ENRX. Remarquez que la zone de chauffage est entièrement visible, ce qui est pratiquement impossible avec le brasage à la flamme.



Un Minac ENRX réalise le brasage de bobinages de générateur. La mobilité du Minac et son transformateur portatif permettent aux opérateurs d'accéder facilement aux zones difficiles d'accès.

Collage par induction

Qu'est-ce que le collage par induction ?

Le collage par induction utilise le chauffage par induction pour le durcissement des produits adhésifs. L'induction est la principale méthode de durcissement des produits adhésifs et des enduits d'étanchéité pour les éléments automobiles tels que les portières, capots, ailes, rétroviseurs et aimants. L'induction permet aussi le durcissement des produits adhésifs présents dans les joints entre matériaux composites et métaux et dans ceux entre pièces en fibres de carbone. Il existe deux principaux types de collage dans l'industrie automobile : le collage par point, pour lequel seuls de petits segments des matériaux à assembler sont chauffés, et le collage intégral, pour lequel des joints complets sont chauffés.

Quels sont les avantages ?

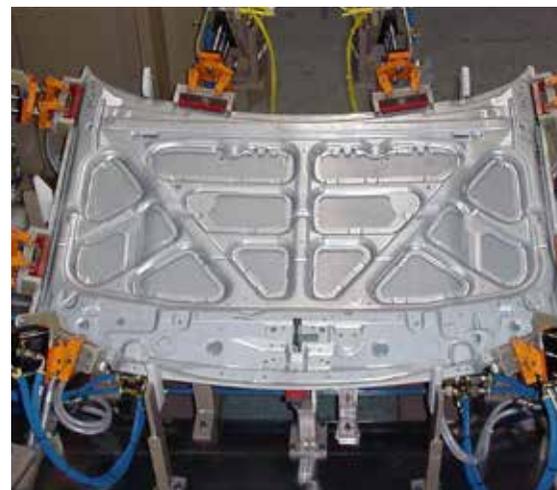
Les systèmes de collage par point d'ENRX garantissent un apport d'énergie précis pour chaque plaque. Les zones thermiquement affectées étant petites, l'allongement total de la plaque est réduit au strict minimum. Pour le collage, les plaques d'acier n'ont pas à être maintenues par serrage, ce qui réduit les contraintes et la déformation. Chaque plaque bénéficie d'une surveillance électronique qui permet de s'assurer que les écarts dans l'apport énergétique respectent les tolérances. Pour le collage intégral, l'utilisation d'une bobine universelle permet d'avoir moins souvent recours à des inducteurs de rechange

Quels sont les domaines d'utilisation ?

L'induction est la méthode de collage privilégiée au sein de l'industrie automobile. Très utilisée pour le collage des tôles en acier et en aluminium, l'induction est de plus en plus utilisée pour le collage de nouveaux matériaux légers composites et en fibre de carbone. L'induction est utilisée dans l'industrie de l'électrotechnique pour coller plaques incurvées, sabots de freins et aimants. Elle est également utilisée pour les glissières, les rails, les étagères et les panneaux dans le secteur de l'électroménager.

Quel équipement est disponible ?

ENRX est le plus grand spécialiste mondial du durcissement par induction. C'est d'ailleurs nous qui avons inventé le spot curing par induction. Nous sommes également à l'origine du procédé U-Coil®, le système de collage de bords (hem bonding) le plus avancé du marché. Le système U-Coil® est auto-alignant, 100 % répétable, et garantit un chauffage uniforme avec un risque de déformation minimal. Nous proposons des équipements allant des composants individuels – tels que sources d'énergie et inducteurs – jusqu'à des solutions clés en main.



Deux de nos systèmes de soudage par induction. La photo du haut montre une solution de soudage en anneau complet. La photo du bas illustre le soudage par points, une méthode inventée par ENRX.

Soudage par induction

Qu'est-ce que le soudage par induction ?

Avec le soudage par induction, la chaleur est induite électromagnétiquement dans la pièce à travailler. La vitesse et la précision du procédé en font une solution idéale pour le soudage sur chant des tubes et tuyaux. Lors du processus, les tuyaux passent à grande vitesse à travers une bobine d'induction. Leurs bords sont alors chauffés, puis comprimés pour former une soudure longitudinale. Le soudage par induction est particulièrement adapté à la production en grande série. Les systèmes peuvent également être équipés de têtes de contact, ce qui les transforme en solutions de soudage à double usage.

Quels sont les avantages ?

Le soudage longitudinal automatisé par induction est un procédé fiable et à haut débit. Grâce à leur faible consommation d'énergie et leur haute efficacité énergétique, les systèmes de soudage ENRX permettent de réduire les coûts de production. Leur contrôlabilité et leur reproductibilité minimisent les rebuts. Nos systèmes se distinguent aussi par leur souplesse : le suivi électronique continu de charge garantit une puissance de sortie optimale sur un large éventail de diamètres de tubes, assurant ainsi une vitesse de soudage maximale pour chaque format. De plus, leur faible encombrement facilite leur intégration ou leur rétrofit dans les lignes de production existantes.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Le soudage par induction est utilisé dans l'industrie du tube et du tuyau pour le soudage longitudinal de l'acier inoxydable (magnétique ou non), de l'aluminium, des aciers à faible teneur en carbone, des aciers faiblement alliés à haute résistance (HSLA), ainsi que de nombreux autres matériaux conducteurs.

Quel équipement est disponible ?

Weldac est la gamme de systèmes ENRX dédiée au soudage haute performance de tubes et tuyaux à l'aide de la technologie à semi-conducteurs à haut rendement. Les équipements Weldac couvrent une large plage de puissances, allant de 50 kW à 2 200 kW, et une plage de fréquences de 60 à 500 kHz. Les technologies d'onduleurs à carbure de silicium (SiC) ou à transistor bipolaire à grille isolée (IGBT) offrent un rendement énergétique impressionnant allant jusqu'à 95 %, de l'alimentation principale jusqu'à l'inducteur de soudage. Cela permet de réduire la consommation d'énergie et des besoins en refroidissement par eau. La conception résistante aux courts-circuits garantit un fonctionnement fiable et sécurisé.



Le système Weldac peut être équipé de différentes types d'inducteur, très faciles à remplacer.

Recuit par induction

Qu'est-ce que le recuit par induction ?

Il s'agit d'un procédé de chauffage de métaux déjà très travaillés. Le recuit par induction adoucit, améliore la ductilité et atténue les contraintes internes. Le recuit total désigne le recuit de l'intégralité de la pièce à travailler. Le recuit de cordon de soudure (ou plus précisément le recuit de normalisation du cordon de soudure) ne traite que la zone thermiquement affectée lors du soudage.

Quels sont les avantages ?

Le recuit et la normalisation par induction offrent une chaleur rapide, fiable et localisée, un contrôle précis de la température et une intégration en ligne facile. L'induction traite les pièces individuelles selon des spécifications précises, avec des systèmes de contrôle surveillant et enregistrant en continu l'ensemble du processus.

Où est-ce utilisé ?

Le recuit par induction garantit une application rapide, fiable et localisée de la chaleur, un contrôle précis de la température et une intégration simple aux lignes de production. L'induction permet de traiter individuellement chaque pièce selon les spécifications exactes, les systèmes de contrôle assurant une surveillance continue et enregistrant toute l'opération.

Quels équipements sont disponibles ?

Chaque système de recuit ENRX est conçu pour répondre à des exigences spécifiques. Au cœur de chaque système se trouve un générateur ENRX Sinac, qui dispose d'une adaptation automatique de la charge et d'un facteur de puissance constant à tous les niveaux de puissance. La plupart des systèmes livrés intègrent également des solutions de manutention et de contrôle sur mesure.



Le mouvement orbital des bobines sur ce système de normalisation ENRX permet un suivi précis du cordon de soudure. La normalisation est essentielle pour les tuyaux utilisés dans l'industrie pétrolière et gazière.



Le système de contrôle aide à relever les défis posés par la normalisation des cordons de soudure sur la nouvelle génération de tuyaux conformes à la norme API.

Préchauffage par induction

Qu'est-ce que le préchauffage par induction ?

Le préchauffage par induction est un procédé de chauffage par induction des matériaux ou des pièces à travailler avant qu'ils ne soient soumis à un autre traitement. Les raisons du préchauffage varient. Dans l'industrie des câbles et des fils métalliques, l'âme d'un câble est préchauffée avant l'étape d'extrusion de l'isolant. Les bandes d'acier sont préchauffées avant décapage et zingage. Le préchauffage par induction sert aussi à adoucir les métaux avant pliage, et prépare les tubes et tuyaux pour le soudage. Les solutions de préchauffage mobiles facilitent la réparation sur place des montages à roulements.

Quels sont les avantages ?

Les systèmes de préchauffage d'ENRX sont extrêmement efficaces et permettent donc de réaliser d'importantes économies d'énergie. Lors du préchauffage des bandes d'acier, des câbles et autres fils métalliques, des redresseurs à diodes garantissent un facteur de puissance constant de 0,95, éliminant ainsi les coûts associés à la puissance réactive. Les temps de cycles sont courts et, avec l'adaptation automatique continue, un seul inducteur suffit à traiter de larges gammes de produits. Les systèmes de préchauffage par induction sont compacts et faciles à intégrer aux lignes de production existantes ou prévues.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Le préchauffage par induction est utilisé dans l'industrie automobile, en mécanique, en aéronautique, en électrotechnique, ainsi que dans l'industrie des produits blancs et dans la construction navale. Le préchauffage avant soudage est un important domaine d'application. Nos générateurs mobiles Minac sont utilisés sur les plateformes pétrolières pour le préchauffage sur place des soudures. Les unités Minac sont aussi fréquemment transportées par avion jusqu'à des plateformes pétrolières et des aéroports pour des réparations et de la maintenance.

Quel équipement est disponible ?

ENRX conçoit et fabrique des systèmes spécialisés pour le préchauffage de bandes d'acier ainsi que de fils et câbles. Ces systèmes intègrent généralement notre équipement Sinac et offrent des configurations de bobines horizontales ou verticales. Des agencements personnalisés sont également disponibles. Les unités mobiles et compactes ENRX Minac sont utilisées pour les opérations de préchauffage sur site.



Un système Sinac ENRX à moyenne fréquence préchauffe un tuyau offshore sans soudure avant le revêtement.



Aucune poussière, aucune fumée, aucun bruit. Un système de chauffage ENRX prend en charge des goujons d'anode de 170 millimètres.

Post-chauffage par induction

Qu'est-ce que le postchauffage par induction ?

Le postchauffage par induction désigne tout procédé où l'induction est utilisée pour chauffer des matériaux ou des pièces à travailler après une étape de transformation importante. Ainsi, il est souvent nécessaire de soumettre des composants métalliques et des soudures à un postchauffage, afin d'atténuer les contraintes internes générées par un précédent traitement. Le postchauffage par induction est aussi utilisé pour le chauffage des âmes de câbles après extrusion.

Quels sont les avantages ?

La rapidité, la polyvalence, la précision et la contrôlabilité de l'induction en font une solution de postchauffage idéale dans de nombreux cas. Ainsi, nos systèmes de postchauffage de câbles et de fils métalliques induisent une chaleur localisée directement dans l'âme du câble. Ceci conduit à une réticulation extrêmement rapide des polymères de l'isolant. Par ailleurs, l'induction réduit considérablement le risque de déformation des câbles. Nos générateurs mobiles Minac permettent

aux sites où le travail à la flamme est interdit, tels que les plateformes pétrolières et gazières, de bénéficier des avantages de l'induction.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Nos solutions de postchauffage sont principalement utilisées dans les industries des câbles et fils, de la tuyauterie, de l'électrotechnique et de l'aéronautique. Dans l'industrie automobile, les couronnes, arbres, jonctions et engrenages, ainsi que les protections résistantes à la corrosion des disques de freins sont postchauffés. L'induction est aussi utilisée pour la refusion de l'étain.

Quel équipement est disponible ?

Les systèmes fixes ENRX Sinac – avec leurs nombreuses options, fonctions de commande et de gestion – sont largement utilisés pour le traitement des câbles, des fils et d'autres applications à grand volume. Les systèmes mobiles Minac permettent d'apporter les solutions par induction sur les plateformes offshore, les parcs éoliens, les centrales électriques, etc.



Le post-chauffage sur site pour l'industrie pétrolière et gazière est un domaine d'application en pleine expansion pour ENRX.

Forge par induction

Qu'est-ce que la forge par induction ?

La forge par induction utilise l'induction pour chauffer des pièces métalliques avant formage ou « déformation » par des presses ou des marteaux.

Quels sont les avantages ?

La forge par induction a de nombreux avantages déterminants par rapport à la forge au four. En assurant rapidité et contrôlabilité, l'induction garantit une cadence de production élevée. Elle permet de réduire considérablement l'oxydation et elle contribue à maintenir l'intégrité métallurgique. Grâce à une application précise et localisée de la chaleur, cette méthode permet également des économies d'énergie. Enfin, constance et reproductibilité font de l'induction une solution parfaite pour les lignes de production automatisées.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

La forge par induction est très répandue dans l'industrie métallurgique et dans le secteur de la fonderie pour chauffer des billettes, des barres et des extrémités de barres. L'aluminium, le laiton, le cuivre, l'acier et l'acier inoxydable sont parmi les métaux généralement forgés avec les systèmes d'ENRX,

Quel équipement est disponible ?

Trois familles d'équipements ENRX peuvent être utilisées pour les applications de forge : HeatLine, Sinac et Minac. Toutefois, la gamme HeatLine comprend plusieurs modèles spécialement conçus pour la forge à haut rendement de billettes, barres, guidons, extrémités de barres, boulons et composants préformés.



Une billette d'acier chauffée dans une station de forge ENRX.



Un réchauffeur partiel vertical ENRX. Ces systèmes peuvent être équipés d'un nombre quelconque de bobines à induction, et sont disponibles en versions IGBT et thyristor.

Fusion par induction

Qu'est-ce que la fusion par induction ?

La fusion par induction est un procédé de fonte de métal jusqu'à l'état liquide dans un creuset de four à induction. Le métal en fusion est ensuite versé du creuset, généralement dans un moule.

Quels sont les avantages ?

Rapidité, propreté et uniformité caractérisent la fusion par induction. Lorsqu'elle est correctement réalisée, la fusion par induction est un procédé si propre qu'il est possible de faire abstraction de l'étape de purification nécessaire pour d'autres méthodes. La chaleur uniforme induite dans le métal contribue également à l'obtention d'un résultat de grande qualité. Les systèmes de fusion d'ENRX possèdent des caractéristiques ergonomiques avancées. En plus d'améliorer la sécurité sur le lieu de travail, ils augmentent la productivité en rendant le processus de fusion plus rapide et plus confortable.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Les solutions de fusion d'ENRX Induction sont utilisées dans les fonderies, les universités, les laboratoires et les centres de recherche. Ces systèmes permettent la fusion de tous types de matériaux, des métaux ferreux et non ferreux aux matériaux du nucléaire et aux alliages médicaux et dentaires.

Quel équipement est disponible ?

ENRX propose cinq gammes de fours différentes pour répondre à une grande variété de besoins en fusion : basculement simple axe, basculement double axe, inducteur mobile, retournement et laboratoire.



Laiton en fusion dans un four à fusion à inducteur mobile. Le creuset préfabriqué (en graphite d'argile) reste statique pendant tout le cycle de fusion. À la place, l'inducteur se déplace autour du creuset sans le toucher. Les creusets dédiés, qui servent également de louche de coulée, éliminent la contamination entre alliages.



Un four ENRX basculant à un axe avec coulée intégrée. Ces systèmes permettent de faire fondre des métaux ferreux et non ferreux (alliages de cuivre et d'aluminium). Plusieurs modèles sont disponibles pour répondre à tous les besoins de capacité. Ils sont proposés avec des creusets préfabriqués faciles à changer ou des garnitures damées.

Redressage par induction

Qu'est-ce que le redressage par induction ?

Le redressage par induction utilise un inducteur pour générer une chaleur localisée au niveau de zones de chauffage prédéfinies. En refroidissant, ces zones se contractent, « tirant » sur le métal qui ainsi s'aplatit.

Quels sont les avantages ?

Le redressage par induction est extrêmement rapide. Pour le redressage des ponts et cloisons d'un navire, nos clients constatent souvent un gain de temps d'au moins 50 % par comparaison aux méthodes traditionnelles. Sans l'induction, le redressage sur un navire peut aisément nécessiter des dizaines de milliers d'heures de travail. La précision de l'induction permet aussi d'améliorer la productivité. En effet, lors du redressage d'un châssis de camion, par exemple, il est inutile de démonter les composants sensibles à la chaleur. L'induction est une technique si précise que les matériaux adjacents ne sont pas affectés.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Le chauffage par induction est une technique très répandue pour le redressage des ponts et des cloisons de navires. Dans le secteur du bâtiment, il est utilisé pour redresser des poutres. Le redressage par induction est de plus en plus utilisé pour la construction et la réparation de locomotives, de matériel roulant et de poids lourds.

Quel équipement est disponible ?

Les systèmes Terac d'ENRX sont spécialement conçus pour le redressage des structures de navires. Chaque Terac comprend un convertisseur de fréquence, un système de refroidissement, un panneau de commande et une unité de chauffage pour le pont. Une unité manuelle remplace l'unité de pont pour le redressage des cloisons. Les chauffages mobiles Minac sont utilisés pour les opérations de redressage en dehors du domaine naval.



Le système Terac fonctionne tout aussi efficacement sur les cloisons et autres structures verticales que sur les ponts



Un système Terac d'ENRX garantit un fonctionnement sécurisé – il est impossible de surchauffer l'acier magnétique. De plus, le Terac ne génère aucun gaz toxique provenant de la source de chaleur. Et il ne produit aucune nuisance sonore.

Frettage par induction

Qu'est-ce que le fretage par induction ?

Le fretage par induction utilise la dilatation thermique pour monter ou démonter des pièces métalliques. Grâce à un chauffage contrôlé, cette méthode exploite la dilatation et la contraction des matériaux pour garantir un assemblage ou un démontage précis et sécurisé.

Quels sont les avantages ?

Le fretage par induction offre une maîtrise optimale du procédé, garantissant des résultats constamment reproductibles, qu'il s'agisse de l'assemblage ou du démontage rapide de composants. L'apport de chaleur ciblée réduit le risque d'ovalité et contribue à une meilleure efficacité énergétique, en adéquation avec les objectifs de durabilité. La précision du contrôle des temps de montée en température et des températures de maintien renforce encore la performance globale du procédé.

Quels sont les domaines d'utilisation ?

Nos systèmes sont utilisés dans l'industrie automobile pour le fretage d'engrenages, d'anneaux et de carters de moteur. Ils jouent également un rôle crucial dans la maintenance et la réparation d'avions, de trains et de poids lourds. Par ailleurs, nos produits sont employés pour le fretage sur les plateformes offshore et de plus en plus pour le démontage

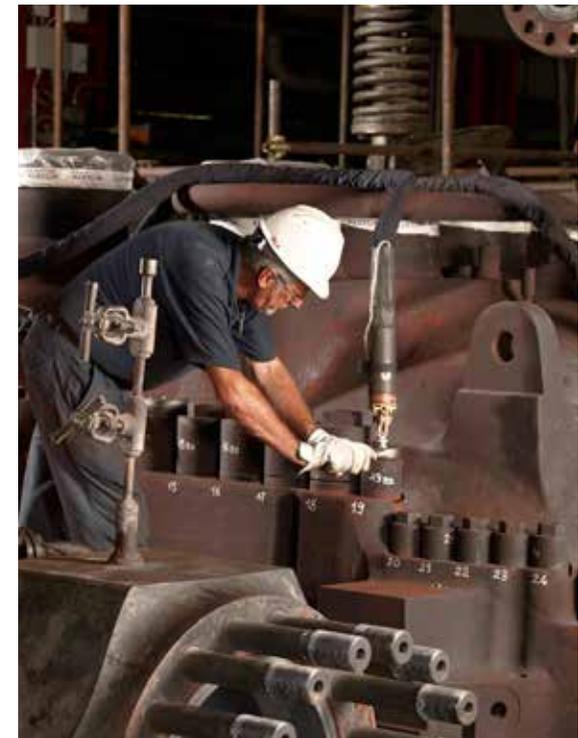
d'écrous et de boulons géants dans les turbines de centrales électriques.

Quel équipement est disponible ?

Nous proposons des solutions de fretage polyvalentes, avec deux produits mobiles, Minac et Ventac, qui offrent une grande flexibilité pour les opérations sur site. Notre système de chauffage stationnaire, Sinac, est entièrement personnalisable pour maximiser l'efficacité et garantir une chaleur constante et contrôlée dans une large gamme d'applications de fretage.



Le système de chauffage par induction à refroidissement par air Ventac est idéal pour les applications de fretage.



Un exemple de fretage par induction : l'équipement ENRX permet de retirer de gros écrous et boulons en une fraction du temps requis par les méthodes traditionnelles de chauffage au gaz ou par résistance.



Il ne chauffe pas. Il ne touche pas le composant. Alors comment un inducteur peut-il chauffer un métal au rouge cerise en quelques secondes ?

Comment fonctionne l'induction

L'induction est une méthode de chauffage sans flamme et sans contact capable de porter une section précisément définie d'une barre métallique au rouge cerise en quelques secondes.

Comment cela est-il possible ? Un courant alternatif circulant dans une bobine génère un champ magnétique. L'intensité du champ varie en fonction de la puissance du courant qui traverse l'inducteur. Le champ est concentré dans la zone entourée par la bobine ; son intensité dépend de la force du courant et du nombre de spires de la bobine. (Fig. 1)

Des courants de Foucault sont induits dans tout objet électroconducteur – une barre de métal, par exemple – placé à l'intérieur de l'inducteur. Le phénomène de résistance génère de la chaleur dans la zone où circulent ces courants de Foucault. Augmenter la force du champ magnétique amplifie l'effet de chauffage. Toutefois, l'effet thermique total dépend également des propriétés magnétiques de l'objet et de la distance entre celui-ci et l'inducteur. (Fig. 2)

Les courants de Foucault créent leur propre champ magnétique, qui s'oppose au champ initial produit par

l'inducteur. Cette opposition empêche le champ initial de pénétrer immédiatement jusqu'au centre de l'objet entouré par l'inducteur. Les courants de Foucault sont les plus actifs près de la surface de l'objet chauffé, mais leur intensité diminue fortement vers le centre. (Fig. 3)

La distance entre la surface de l'objet chauffé et la profondeur à laquelle la densité de courant chute à 37 % est appelée profondeur de pénétration. Cette profondeur augmente à mesure que la fréquence diminue. Il est donc essentiel de sélectionner la fréquence appropriée pour obtenir la profondeur de pénétration souhaitée.

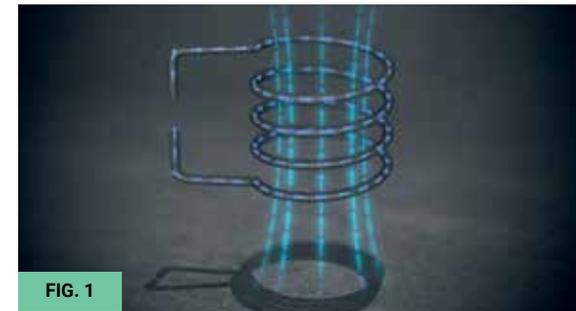


FIG. 1



FIG. 2

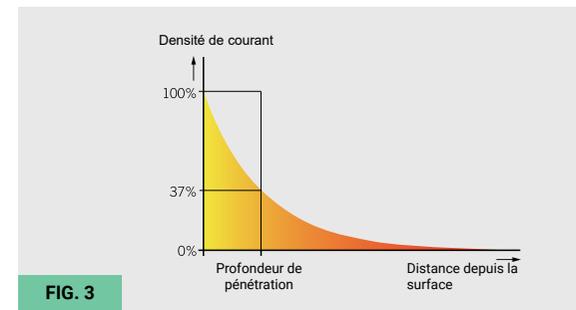


FIG. 3

La chaleur intelligente – l'induction exploite les lois électromagnétiques fondamentales pour générer une chaleur contrôlable directement dans la pièce. À aucun moment l'inducteur ne touche la pièce.

Choisir la meilleure solution

Quelle est l'efficacité réelle du chauffage par induction ? Quelles sont les fréquences les mieux adaptées à vos applications ? Ce guide vous donnera un aperçu du potentiel de l'induction. Pour en savoir plus, contactez simplement le bureau ou le représentant ENRX le plus proche de chez vous.

De combien d'énergie avez-vous besoin ?

Avant de calculer vos besoins énergétiques, vous devez d'abord connaître :

- Le type de matériau (acier, cuivre, laiton, etc.)
- Les dimensions de la pièce à chauffer
- La production horaire souhaitée
- La température finale souhaitée

Calculez vos besoins énergétiques

Étape 1 Déterminez d'abord le taux d'absorption d'énergie du matériau. La Figure 1 présente les taux pour certains matériaux courants.

Étape 2 Multipliez le taux d'absorption d'énergie par la production horaire souhaitée (kg/heure). Le résultat représente votre besoin énergétique spécifique.

Étape 3 Vous pouvez désormais évaluer le niveau d'efficacité global de l'équipement à induction. La Figure 2 indique les niveaux d'efficacité typiques pour certains matériaux. Divisez le besoin énergétique spécifique calculé par le taux d'efficacité de l'équipement. Cela vous donne la puissance totale requise.

Calcul de de la puissance

Exemple : Chauffage d'un acier magnétique

- Poids 0,5 kg
- Température : de 20 °C à 1200 °C (soit de 68 °F à 2192 °F)
- Durée : 60 secondes

Tableau: À température de 1200 °C => Pxt = 0.250 kWh/kgm

$$\text{Calc. puissance: } P_{wp} = \frac{0.25(\text{kWh/kg}) \times 0.5(\text{kg}) \times 3600\text{s}}{60 \text{ sec}} = 7.5\text{kW}$$

$$P_{\text{generator}} = \frac{7.5 \text{ k}}{n} = \frac{7.5 \text{ k}}{0.7} = 10.7 \text{ kW}$$

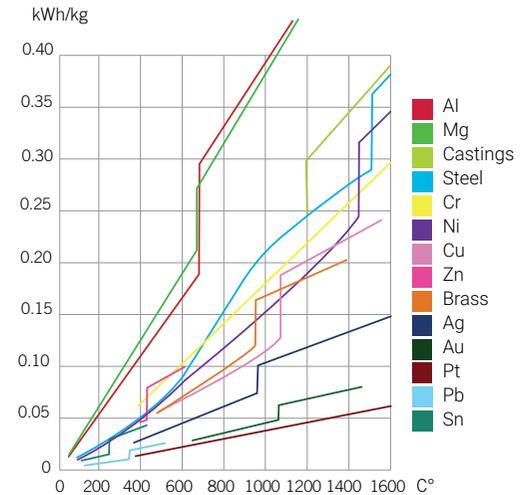


Fig. 1. Taux d'absorption d'énergie pour différents matériaux

Matériau	Temp. finale (°C)	Rendement
Acier au carbone	1250	0.65
Acier au carbone	700	0.80
Acier inoxydable	1250	0.60
Laiton	800	0.50
Cuivre	900	0.40
Aluminium	500	0.40

Fig. 2. Niveaux d'efficacité typiques des générateurs à induction. Les valeurs ci-dessus supposent l'utilisation d'inducteurs enveloppants à plusieurs spires. Différents types d'inducteurs peuvent influencer les niveaux d'efficacité. Par exemple, le taux d'efficacité pour le cuivre est généralement compris entre 0,1 et 0,2, en raison du type d'inducteur habituellement utilisé.

Choisir la bonne fréquence

Le choix de la fréquence est crucial en chauffage par induction, car c'est la fréquence qui détermine la profondeur de pénétration de la chaleur. Le tableau ci-dessous indique les fréquences approximatives pour le chauffage à cœur de certains matériaux courants.

Matériau					Fréquence
Acier – non magnétique	Acier – magnétique	Laiton	Cuivre	Aluminium et alliages d'aluminium	
Final temp. 1,200°C · Ø mm	700°C · Ø mm	800°C · Ø mm	850°C · Ø mm	500°C · Ø mm	Hz
150–500	27–75	110–	50–	50–	50
60–250	8–35	35–440	22–800	22–800	500
40–175	6–25	30–300	15–600	15–600	1,000
25–100	3.5–14	15–180	9–350	9–350	3,500
20–85	2.5–10.5	10–130	7–260	7–260	5,000
14–60	2–8.5	8–100	5–180	5–180	10,000
10–40	1.5–5.5	6–75	3–125	3–125	20,000
5–22	0.7–3.0	3.5–40	2–75	2–75	60,000
4–17	0.5–2.0	2.5–30	1.5–60	1.5–60	100,000
1.8–8	0.2–1.0	1.2–15	0.6–20	0.6–20	500,000

Une famille pour chaque besoin

Il existe six familles de produits dans les solutions de chauffage par induction ENRX. Ensemble, ces familles couvrent pratiquement toutes les applications de chauffage industriel. Dans le cas peu probable où elles ne répondraient pas à vos besoins spécifiques, nous pouvons collaborer avec vous pour concevoir une solution de chauffage par induction sur mesure.



HEATLINE
Systèmes de traitement thermique industriel



WELDAC
Soudeuses à semi-conducteurs à haut rendement



MINAC
Générateurs de chauffage mobiles



VENTAC
Système de chauffage par induction à refroidissement par air



SINAC
Générateurs de chauffage universels



HARDLINE
Systèmes de traitement thermique industriel

Quelques-uns de nos clients

Les équipements ENRX ont été utilisés pour fabriquer et entretenir une large gamme de produits, allant des immenses couronnes d'orientation pour éoliennes jusqu'aux minuscules composants de montres-bracelets de luxe. Vous trouverez ci-dessous une liste partielle des clients ENRX. Des exemples d'applications et témoignages de clients du monde entier sont disponibles auprès de votre représentant ENRX le plus proche.

ABB	CHESS	Fincantieri	IFAPowertrain	Mercedes Benz	S.N.R.	Swarovski
AirTac	CPOC	Ford	Indar	Metalor	SAAB	Technip
Alcatel	DAF	Fraunhofer-Institut	ISI Airbag	Miba	Saint Gobain	Tenaga National
Alstom	Daimler	GCME	Jaguar Land Rover	Mitec	Sandvik	Thyssenkrupp
Andritz Hydro	Danfoss	Gearbox del Prat	John Deere	Mitsubishi	Sauer Sundstrand	Tianjin Pipe International
Ansaldo	Delphi	Geislinger	Johnson Control	MTU	Savoilor	Timken
ArcelorMittal	Deutsche Bahn	Gelenkwellenwerk Stadtilm	Jos L. Meyer	Mubea	SCANIA	Toshiba
Ashok Leyland	DEUTZ	General Electric	Joseph Vögele	Nexans	Schaeffler	Toto
Aston Martin	Dongfang Electrical	General Motors	JTEKT	Nexteer	Schneeberger	TOYOTA
Audi	Machinery	Getrag	KBP Kettenwerk	Nippon Steel	Shanghai Baosteel	Transformer
Autocam	DongfangElectric	GKN	KmB Technologie	NIPPON OIL	Shanghai Turbine	TRW
Avesta Sandvik Tube	Dongfeng	Greatwall	KME	NISSAN	Generator	Vallourec
Baosteel	Dongfeng-Nissan	Gree	Kobelco	NSK	ShanghaiElectric	Vestas
Bartell Machinery	Dongying Dongyi	Grundfos	Komatsu	NTN	Shawcor	Visteon
Benteler	Doosan	Häggglunds	Kongsberg Automotive	OAO 'Electrosila'	SHELL	Voestalpine
BHEL	Dörrenberg Edelstahl	Hair	Koni	Opel	Showa	Voith
BMW	Dreister	Halberg Precision	KS Kolbenschmidt	Padana	Showcor	Volkswagen
Bodycote	Edelstahlwerke	Haldex Garphyttan	Lankhorst Indutech	PETRONAS	Siemens	Volvo
Boehler	Südwestfalen	Hanomag	Läpple	Pratt & Whitney	SKF	Vykasa Steel Works
Bombardier	Electricity generating	HarbinElectric	Linamar Antriebstechnik	PT Inti Gandhi Perdana	Skoda	Wanxiang
Borg Warner	authority of Thailand EGAT	Heidelberg	Linde	Sulzer	SNR	Wanxiang Qianchao
Borusan	EMD Curtiss Wright	Druckmaschinen	LUK	PTT	Splintex	Wazhou
Bosch	Electro-Mecha. Corp.	Hilti	Magna	Renault	Sprimag	WEG
BPW	ENQUEST	Hitachi	Mahle	Retezarna	Stabilus	Weigl Antriebstechnik
Brakes India	EXXONMOBIL	Hoerbiger Antriebstechnik	Maillefer	Rieckermann	Stellantis	Whirlpool
Burseryds Bruk	FAG	Hörmann Industrietechnik	Malakoff Power	Rockinger	Stihl	XinqianglianSlewing
Busatis	Fardis	HQM Haertetechnik	MAN	Roctool	STX Europe	ZF
Caterpillar	FAW	Hydro Aluminium	Mannesmann	Roth Technik	Sumitomo	Zhuzhou Electric
Changzhou XD	Federal-Mogul	Hyundai	Marcegaglia	Rothe Erde	Suzlon	
Chery	Ferrovaz	I.S.R.	MAZDA	Rover Group	Suzuki	



À propos d'ENRX

ENRX est une entreprise mondiale de technologie verte, spécialisée dans les solutions par induction. Nous proposons des systèmes de chauffage par induction, de recharge inductive sans fil et d'alimentation sans contact, avec une empreinte carbone faible ou nulle, pour pratiquement toutes les applications dans les domaines de la mobilité et de l'industrie manufacturière.

THE RIGHT ENERGY CAN TAKE YOU ANYWHERE • [ENRX.COM](https://enrx.com)

ENRX®