

PRÉPARATION MÉTALLOGRAPHIQUE TRAITEMENTS THERMIQUES

INTRODUCTION

QU'EST-CE QU'UN TRAITEMENT THERMIQUE ?

Un traitement thermique est un processus qui permet de modifier les propriétés physiques et parfois chimiques des aciers. Les opérations de traitement thermique se déroulent en plusieurs étapes avec une montée en température, un maintien pendant un certain temps puis un refroidissement lent ou rapide.

Cela peut donc transformer la structure de l'acier dans la masse ou en surface uniquement. Les éléments d'addition dans les aciers peuvent influencer sur l'obtention de la structure souhaitée après traitement thermique.

INTÉRÊTS DES TRAITEMENTS THERMIQUES

A l'aide des traitements thermiques, il est donc possible d'augmenter la dureté d'un acier de manière superficielle ou totale (dans la masse) afin d'améliorer la résistance à l'usure ou aux chocs. Il est possible de redonner une structure plus homogène pour des aciers qui ont subis un grossissement de grain par exemple.

Les traitements thermiques permettent d'augmenter la résistance à la rupture, la limite élastique, la ductilité et diminuent la fragilité d'un acier en supprimant les contraintes internes. => Le but est donc de changer ses propriétés physiques selon l'objectif final de l'utilisation de l'acier.

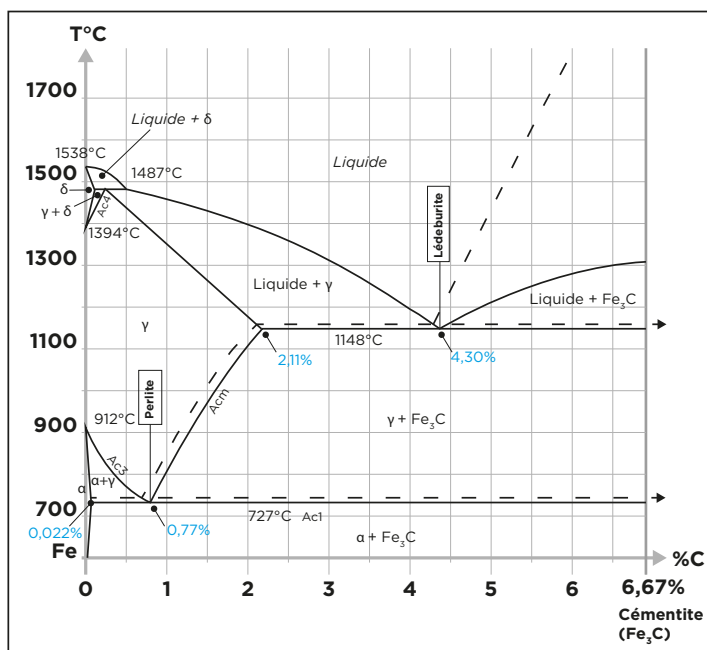
LES PRINCIPAUX TRAITEMENTS THERMIQUES

Trempe et revenu

La trempe est un traitement thermique qui transforme l'austénite de l'acier en martensite. Le but est d'utiliser le diagramme Fer-Carbone (figure 1) pour se placer dans le domaine austénitique. Ce diagramme permet de déterminer la température d'un traitement pour faire des transformations de phase.

Cette opération de chauffe est suivie d'un refroidissement rapide à l'eau, huile ou gaz. Le diagramme TRC (transformation à refroidissement continu), permet de définir les conditions de refroidissements qui vont transformer l'austénite en martensite. Ce type de diagramme est propre à chaque nuance d'acier.

Fig. 1 : Diagramme Fe-C



Le revenu est un traitement thermique généralement réalisé après une trempe. Après une trempe martensitique, c'est un revenu de détente qu'il faut réaliser et qui permet de libérer les contraintes présentes dans le matériau. Il s'effectue à une température comprise entre 180 et 220°C. Ce revenu ne diminue pas (ou très peu) la dureté ni la résistance à la traction cependant il va augmenter la ductilité et la limite d'élasticité.

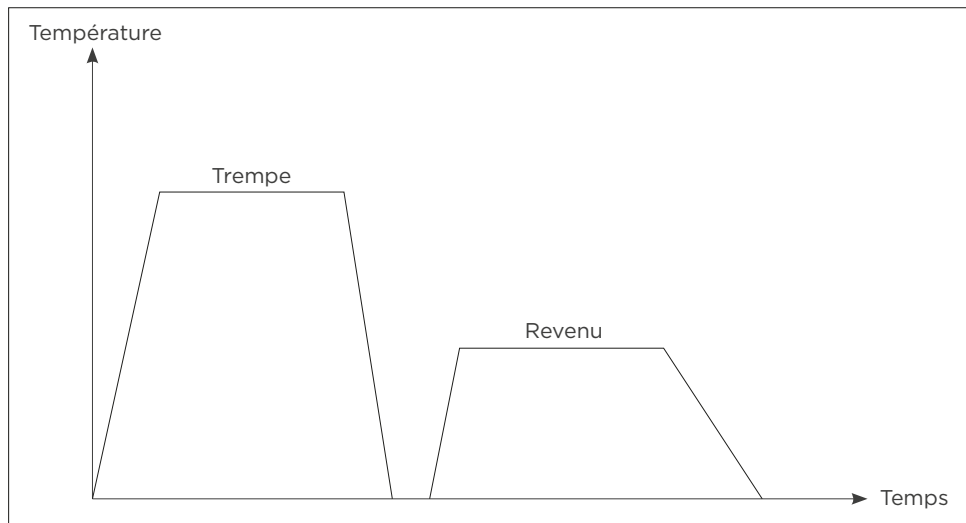


Fig. 2 : Courbe Trempe et revenu

D'autres revenus existent et peuvent être faits entre 200 et 600 °C. Ils sont réalisés généralement dans le but d'obtenir des caractéristiques mécaniques précises en fonction du type d'acier et de sa future utilisation.

Trempe par induction

Le principe de la trempe par induction consiste à chauffer très rapidement et localement la pièce de façon superficielle pour que le métal soit dans un état austénitique et lors du refroidissement rapide, se transforme en martensite.

C'est un inducteur (bobine en tube de cuivre) qui est parcouru par un courant de moyenne ou haute fréquence qui induit un champ magnétique alternatif sur la pièce et va donc dissiper sa chaleur dans la pièce. Cette étape est suivie d'un refroidissement avec un fluide de trempe.

L'opération de refroidissement peut être effectuée après le chauffage (**trempe statique**, figure 3) ou bien à la suite du chauffage (on parle alors de **trempe au défilé**, figure 4).

Avec cette technique, il est possible d'obtenir des zones superficielles traitées d'une profondeur de 0,5 mm à 5 mm. Ce traitement est adapté pour les pièces qui sont sollicitées en torsion et pour résister aux chocs.

C'est un traitement qui se fait unitairement contrairement à la cémentation qui peut se faire sur plusieurs pièces à la fois.

Fig 3 : la trempe statique

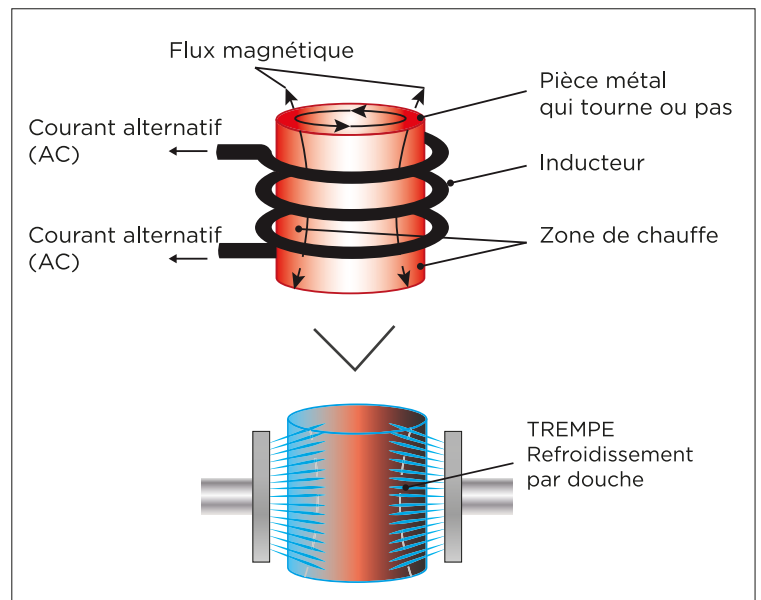
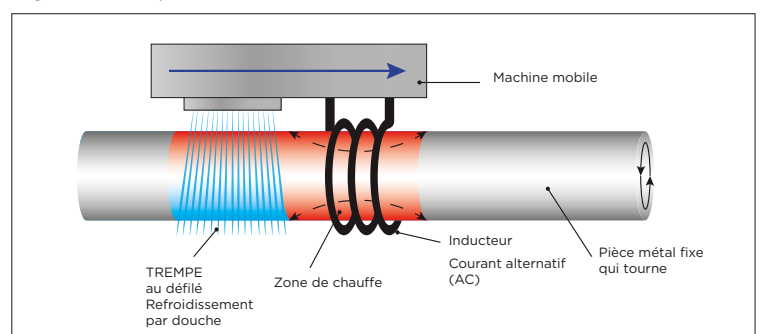
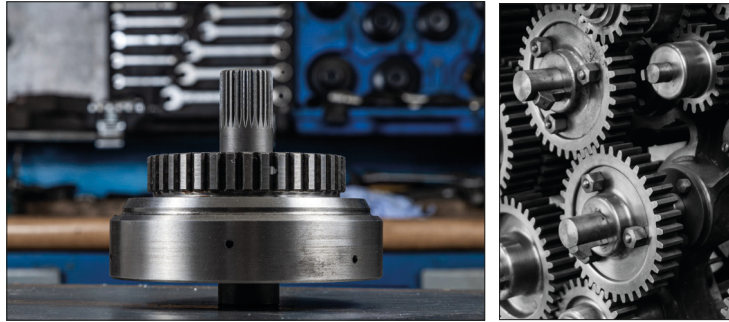


Fig 4 : la trempe au défilé



Applications : arbre, engrenages, axe, broche...



Cémentation

La cémentation est un traitement thermo-chimique. C'est-à-dire que le traitement va avoir lieu dans un milieu qui va créer une modification de la composition du métal de base après échange avec le milieu. Dans le cas présent, la cémentation est la diffusion du carbone dans la couche superficielle de l'acier.

Plusieurs procédés existent (cémentation en caisse, liquide ou gazeuse). C'est la **cémentation en phase gazeuse qui est la plus utilisée aujourd'hui**. C'est une atmosphère riche en carbone (à partir de gaz type CH₄, propane ou butane) qui va enrichir la couche superficielle.

Elle s'effectue sur des aciers à bas carbone et permet d'enrichir superficiellement l'acier jusqu'à 0,6 à 0,9 % de carbone. Ce traitement thermo-chimique est suivi d'un refroidissement rapide qui donne le durcissement à la couche enrichie.

La profondeur de cémentation (CHD - Case Hardness Depth) est déterminée par la distance à la verticale de la surface vers la couche à une limite de dureté à 550 HV. Elle varie généralement entre 0,5 mm à 3 mm.

Les applications sont principalement des pièces mécaniques telles que des engrenages, des arbres de transmission...

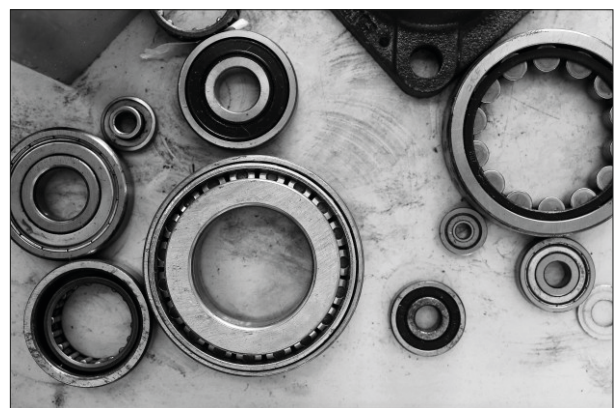
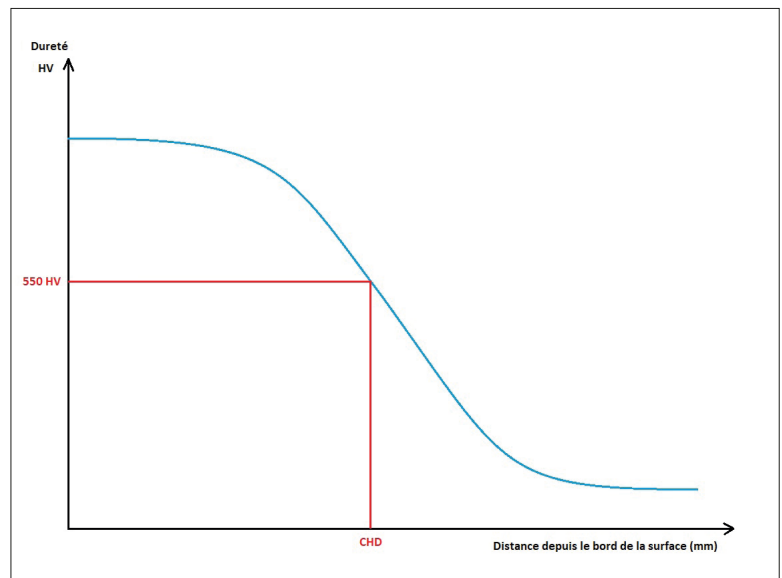


Fig. 5 : Profondeur de cémentation



Carbonituration

La carbonituration est aussi un traitement thermo-chimique. C'est la combinaison du carbone et de l'azote dans l'environnement de traitement qui va donner une couche cémentée plus dure que lors d'une cémentation classique.

Nitruration

La nitruration est un traitement thermo-chimique également. C'est donc la diffusion de l'azote en surface d'un acier allié (qui contient du chrome, de l'aluminium, tungstène...). Elle s'effectue généralement à une température entre 500 et 550°C.

La nitruration se compose de deux couches :

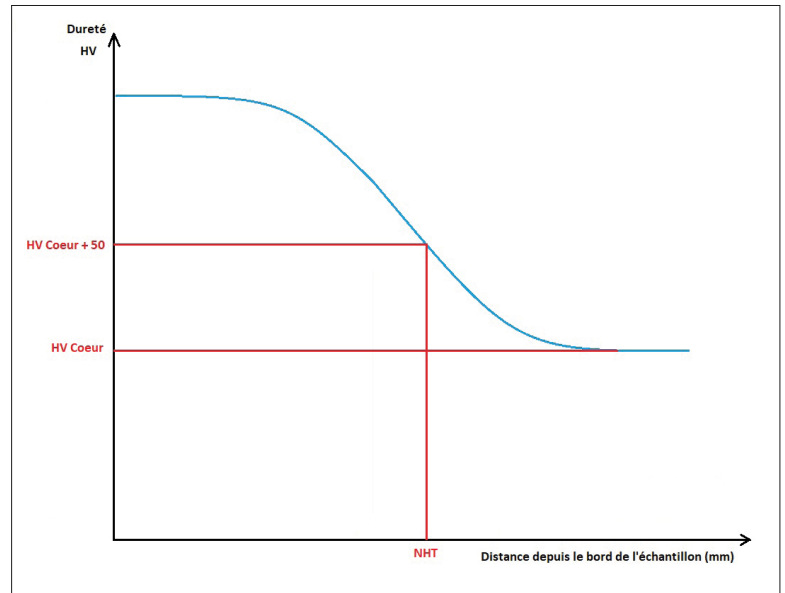
- **La couche de combinaison** (« couche blanche ») : couche de nitruure en surface qui est constituée des composés chimiques présents dans l'atmosphère de traitement et du métal de base. L'épaisseur peut varier de 5 à 30 µm. Cette couche a une résistance à l'usure très élevée. Sa dureté va généralement de 950 à 1100 HV.

- **La couche de diffusion** : Des nitruures des éléments alliés précipitent sous forme de particule fine et résistante. Cette couche peut varier de 0,05 à 0,8 mm d'épaisseur. Sa dureté peut varier de 400 à 1200 HV selon l'acier utilisé.

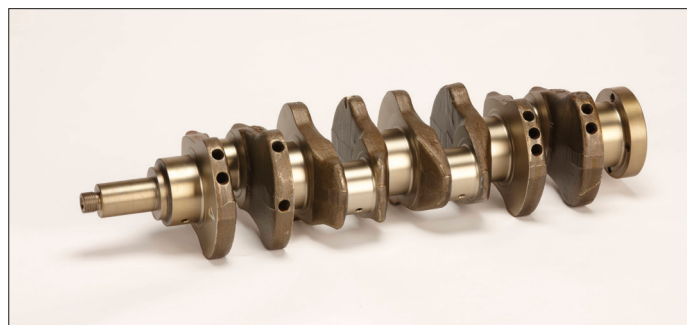
Plusieurs procédés de nitruration existent, la nitruration en bain de sels, gazeuse ou encore plasma.

La profondeur de nitruration (NHT) est déterminée par la courbe de dureté selon la norme DIN 50190-3 ou ISO 18203. Après réalisation de trois empreintes de dureté à cœur, la profondeur de nitruration correspond à cette valeur HV cœur + 50.

Fig. 6 : Profondeur de nitruration



Applications : axe de piston, vilebrequin, soupape...



PRÉPARATION MÉTALLOGRAPHIQUE

L'obtention d'une surface d'examen nécessite une succession d'opérations aussi importantes les unes que les autres quel que soit le matériau. Ces étapes sont dans l'ordre :

- Le prélèvement du produit à examiner (si nécessaire), appelé « TRONCONNAGE ».
- La standardisation de la géométrie de l'échantillon prélevé (si nécessaire), appelée « ENROBAGE ».
- L'amélioration de l'état de surface de cet échantillon, appelée « POLISSAGE ».
- La caractérisation de l'échantillon : révélation de la microstructure de l'échantillon par un réactif d'attaque (si nécessaire) appelée « ATTAQUE METALLOGRAPHIQUE » et l'observation microscopique (optique ou électronique).

=> Chacune de ces étapes doit être effectuée rigoureusement sous peine de rendre les étapes suivantes irréalisables.

TRONÇONNAGE

Le tronçonnage a pour but de prélever une partie précise d'un produit, de manière à obtenir une surface d'examen convenable, sans altérer les propriétés physico-chimiques des aciers traités. En d'autres termes il est indispensable d'éviter un échauffement ou une déformation des aciers traités pouvant entraîner des modifications de structure. Le tronçonnage est une étape fondamentale qui conditionne la suite de la préparation et l'observation des pièces.

La large gamme de micro-tronçonneuse et tronçonneuses de moyenne et grande capacité PRESI permet de s'adapter à n'importe quel besoin en termes de précision de découpe, de dimensionnement ou de quantité de produits à découper :



Fig 7 : MECATOME ST310



Fig 8 : EVO 400

Les pièces en acier traités sont généralement des pièces de moyenne à grande dimensions. Deux machines se démarquent pour répondre aux besoins les plus demandés dans le traitement thermique :

• Mecatome ST310

Elle est parfaitement adaptée au domaine du traitement thermique. C'est une machine manuelle puissante et robuste. Le bras oscillant permet des coupes rapides, sans effort ni brûlure.

=> Atout principal : son mouvement oscillant. Celui-ci permet à la meule de n'avoir jamais le même point de contact avec la pièce, ainsi il n'y a pas de brûlure (si le consommable choisi est adapté au matériau) et le temps de coupe est plus rapide qu'avec uniquement un mouvement pendulaire.

• EVO 400

Tronçonneuse de grande capacité. Elle est robuste, puissante et très spacieuse. Adaptée aux ateliers, cette machine permet trois modes de coupe : assisté, automatique et programmable (pour la répétabilité des coupes). Son écran tactile facilite l'interface homme-machine.

Cette machine permet également de faire des coupes impulsives. C'est parfaitement adapté pour les pièces avec des contraintes internes. La coupe impulsive consiste en une alternance d'avance et de pause lors de la coupe. Ainsi les contraintes à l'intérieur du matériau ont le temps progressivement de se relâcher.

Chacune des tronçonneuses de la gamme bénéficie de consommables et d'accessoires qui leur sont adaptés. Le système de bridage et le choix de ces consommables sont toujours des éléments essentiels pour la réussite d'une coupe métallographique.

=> Le bridage, c'est-à-dire le maintien de la pièce, est également primordial. En effet, si la pièce n'est pas bien maintenue, la coupe peut présenter des risques pour le consommable, la pièce et la machine.

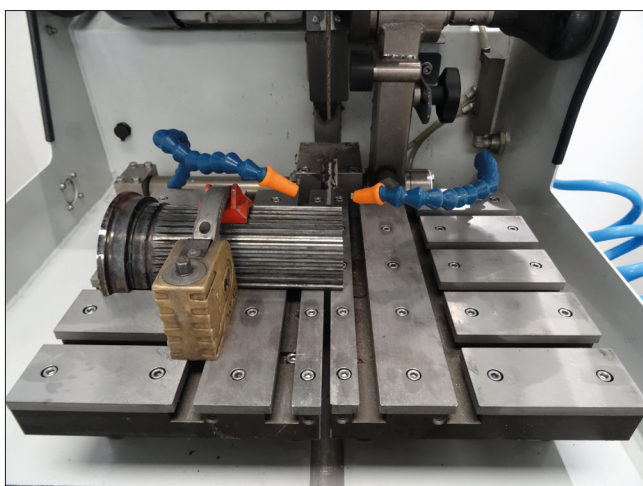


Fig. 9 : Bridage sur Mecatome ST310

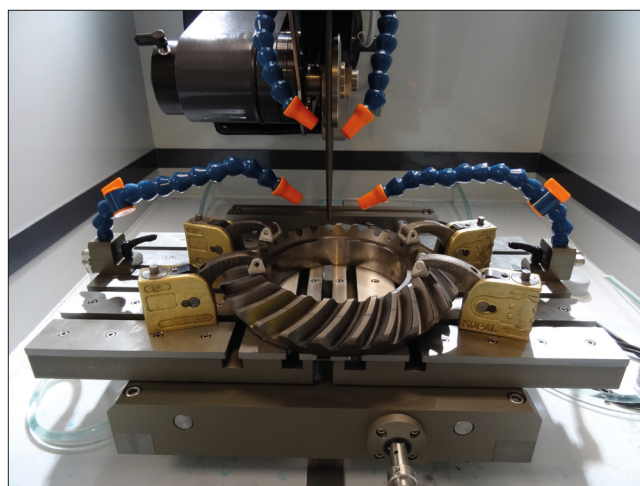


Fig. 10 : Bridage sur EVO 400 (couronne)

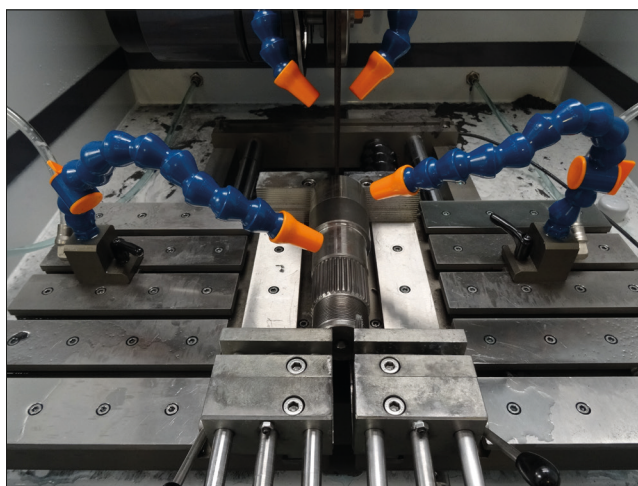



Fig. 11 : Bridage sur EVO 400 (arbre de pignon)

Les figures 9 à 11, présentent différents bridages réalisés avec des brides Kopal, ou avec des étaux à serrage rapide.

CONSOMMABLES

Toutes les tronçonneuses sont employées avec un liquide de lubrification/refroidissement composé d'un mélange d'eau et d'additif antirouille dans le but d'obtenir une découpe propre et sans échauffement. L'additif permet également de protéger l'échantillon et la machine de la corrosion.



	Aciers traités superficiels	Aciers traités à coeur
Micro-tronçonnage	S Ø180 mm UTW AO	S Ø180 mm CBN
Tronçonnage de moyenne capacité	AO	S CBN
Tronçonnage de grande capacité	AO	S

Tableau 1 : Choix du type de meule de tronçonnage

=> Le choix du type de meule de tronçonnage doit se faire judicieusement dans le but d'éviter d'éventuels refus de coupe, une usure trop importante ou encore une casse de la meule.

ENROBAGE

Les échantillons peuvent être difficiles à manipuler du fait de leur forme complexe, de leur fragilité ou de leur petite taille. L'enrobage facilite ainsi leur manipulation en standardisant leur géométrie et leurs dimensions.

=> Réaliser un enrobage de qualité est essentiel afin de protéger les matériaux fragiles mais également pour obtenir de bons résultats de préparation en vue du polissage et des futures analyses.

Avant toute opération d'enrobage, l'échantillon doit être ébavuré à l'aide par exemple, d'un papier abrasif (pour éliminer les éventuelles bavures de coupe) suivi d'un nettoyage à l'éthanol (dans un bac à ultrasons pour encore plus d'efficacité). Cette opération permet à la résine d'adhérer au mieux sur l'échantillon et ainsi limiter le phénomène de retrait (gap entre la résine et l'échantillon).

Si le phénomène de retrait persiste, il peut poser des problèmes lors du polissage. Si des grains d'abrasifs se coincent dans le retrait puis se libèrent lors d'une étape ultérieure, il y a un risque de pollution pour le support et l'échantillon. Dans ce cas, un nettoyage au bac à ultrasons entre chaque étape est recommandé.

Il existe deux procédés d'enrobages :

• **LE PROCÉDÉ À CHAUD** est à privilégier pour des besoins d'examens de bords ou si la préparation métallographique est effectuée dans le but de réaliser des essais de dureté. **Le procédé à chaud nécessite l'utilisation d'une enrobeuse à chaud.**



Fig 12 : MECAPRESS 3

La machine nécessaire à l'enrobage à chaud est la Mecapress 3 :

- Presse d'enrobage à chaud totalement automatique.
- Simple d'utilisation, la mémorisation, l'ajustement des procédés et la rapidité d'exécution en font une machine de haute précision.
- L'enrobeuse à chaud propose six moules de diamètres différents allant de Ø25,4mm à Ø50mm.

LE +

Un des principaux avantages que présente ce procédé est la réalisation d'un enrobage aux faces parfaitement parallèles.

- **LE PROCÉDÉ À FROID** est à privilégier quand :
 - Les pièces à examiner sont fragiles / sensibles à la pression
 - Les pièces présentent une géométrie complexe (structure en nid d'abeille).
 - Le besoin est d'enrober un grand nombre de pièces en série.

Le procédé à froid peut être utilisé avec :



Fig 13 : Appareil d'enrobage sous pression



Fig 14 : Appareil d'enrobage sous vide POLY'VAC

LE +

Améliore considérablement la qualité, notamment en diminuant le phénomène de retrait (espace entre la résine et l'échantillon), en optimisant la transparence de la résine.

LE +

Machine permettant l'imprégnation sous vide de matériaux poreux enrobés par le biais d'une résine époxy.

Les résines à froid laissent toujours un ménisque au dos de l'enrobage. Avant toute opération de polissage, il faut éliminer ce ménisque par une courte étape sur un papier abrasif. L'important est de s'assurer que cette petite rectification au dos de l'enrobage soit parallèle à la face où l'échantillon est à polir.

CONSOMMABLES

Afin de répondre aux besoins, PRESI propose toute une gamme de moules d'enrobage à froid. Ces moules d'enrobage sont de diamètre allant de Ø20mm à Ø50mm. Ces derniers sont répartis en plusieurs sortes : des moules optimisés appelés « KM2.0 », des moules en caoutchouc, en téflon ou bien en polyéthylène. L'enrobage à froid permet aussi plus de liberté, c'est pourquoi il existe des moules rectangulaires pour des besoins plus spécifiques.

Pour le contrôle de dureté et notamment la vérification de la conformité de traitement superficiel en bord de pièce, il est important d'avoir une résine qui permet d'avoir le retrait le plus faible entre la pièce et la résine. La résine époxy à chaud est adaptée car elle répond à cette problématique en ayant de très bonnes caractéristiques et donc dans la plupart des cas, donne un faible retrait.

Pour réduire les coûts, il est possible d'introduire la résine époxy en semelle (c'est-à-dire au contact de la surface de la pièce à observer) et compléter avec une résine phénolique moins qualitative et donc moins couteuse. S'il est nécessaire de réaliser des enrobages à froid sur des aciers traités, il est préférable de s'orienter vers une résine acrylique KM-B ou KM-U, qui sont toutes deux avec des duretés proches des résines à chaud.

	Aciers traités
A chaud	Epoxy
A froid	KM-B (sous pression) KM-U (sous pression)

Tableau 2 : Choix du type de résine d'enrobage

POLISSAGE

La dernière phase incontournable et cruciale du processus de préparation d'un échantillon est le polissage. Le principe est simple, chaque étape utilise un abrasif plus fin que le précédent. L'objectif consiste à obtenir une surface plane et à éliminer les rayures et les défauts résiduels qui gêneraient la réalisation des examens de contrôles métallographiques tels que les analyses microscopiques, les essais de dureté, les contrôles de microstructure ou les contrôles dimensionnels.

PRESI propose une grande gamme de polisseuses manuelles et automatiques, avec un large choix d'accessoires, afin de couvrir tous les besoins, du pré-polissage à la superfinition et du polissage d'échantillons unitaires ou en série.

Pour des contrôles de dureté, un polissage à l'aide d'une polisseuse automatique de la gamme Mecatech semble le plus adapté.

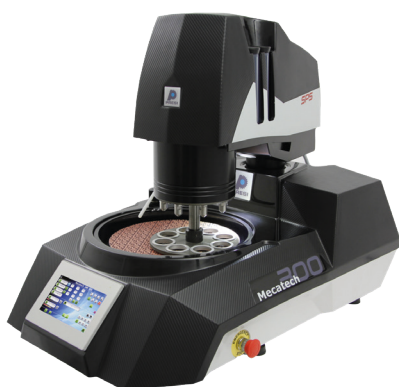


Fig 15 : MECATECH 300 SPC

La gamme de polisseuses automatiques MECATECH permet une utilisation aussi bien manuelle qu'automatique. Avec ses technologies avancées, sa puissance moteur de 750 à 1500 W, toute l'expérience de PRESI est concentrée dans cette gamme complète. Peu importe le nombre ou la taille des échantillons, MECATECH garantit un polissage optimal.

CONSOMMABLES ET GAMMES DE POLISSAGE

Toutes les gammes de polissage ci-dessous sont données pour une préparation automatique des échantillons (pour du polissage manuel : ne pas prendre en compte les paramètres de tête). Elles sont les plus couramment utilisées et sont renseignées à titre d'information et de conseil.

Toutes les premières étapes de chaque gamme sont appelées « mise à niveau » et consiste à retirer de la matière rapidement afin de mettre à niveau la surface de l'échantillon (et de la résine). Celles données ci-dessous sont standards et peuvent, par conséquent, être modifiées selon le besoin.

Les forces d'appuis varient selon la taille des échantillons mais de manière générale il sera appliqué : 1daN par 10mm de diamètre d'enrobage pour les étapes de pré-polissage (ex : Ø40mm = 4 daN) puis la force sera diminuée de 0,5daN à chaque étape de polissage avec une suspension abrasive.

Voici ci-dessous une proposition de gamme pour des **aciers traités superficiels et à cœur** :

N°	Support	Suspension / Lubrifiant	Vplateau (tr/min)	Vtête (tr/min)	Sens de rotation Plateau / tête	Temps
1	I-Max R 54µm	∅ / Eau	300	150	→ →	3'
2	I-Max R 18µm	∅ / Eau	300	150	→ →	3'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	4'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al ₂ O ₃ n°3 / Eau	150	100	→ ←	1'

Nota : La mise à niveau à l'aide de l'I-Max R 54 µm est suffisante pour un échantillon qui sort d'une coupe métallographique. Si un enlèvement de matière plus important est nécessaire, il faut utiliser un I-Max R avec une granulométrie plus importante (75 µm voire 125 µm).

Le prépolissage est fait à l'aide de support I-Max R. Ces supports diamantés à liant résine permettent de remplacer plusieurs centaines de papiers abrasifs. Ils confèrent une bonne planéité au polissage pour des matériaux métalliques durs.

Lors du prépolissage, il n'est pas nécessaire d'inverser les sens de rotation de la tête et du plateau car cela peut détériorer la planéité. Cependant, l'inversion des sens de rotation peut aider si un enlèvement de matière important est à faire.

Une gamme en 3 étapes est suffisante pour faire des essais de dureté. La trame de rayure obtenue avec la suspension de 3 µm est assez fine pour permettre la lecture des empreintes de dureté. Le tissu RAM peut être également remplacé par le tissu ADRIL.

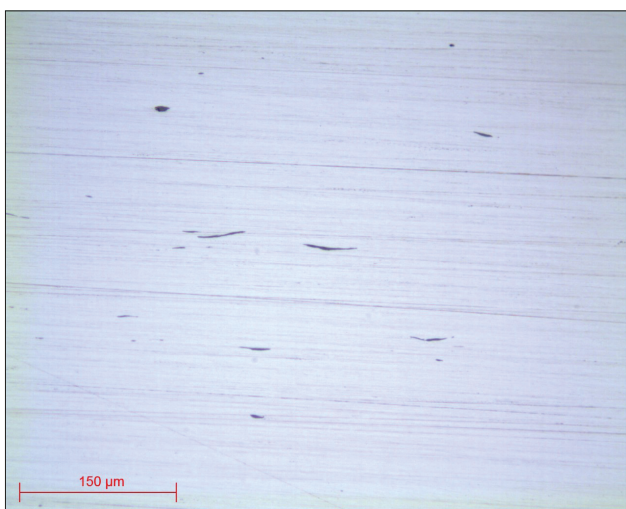


Fig. 16 : Finition 3 µm objx20

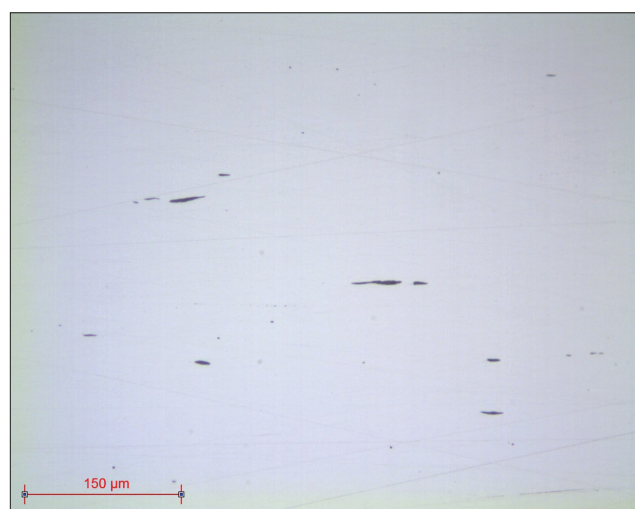


Fig. 17 : Finition 1 µm objx20

Si une observation de structure est nécessaire, une finition au 1 µm sur un tissu NT pourra être ajoutée. Enfin, une superfinition à l'alumine PRESI n°3 peut être menée dans le but de faire un contrôle inclusionnaire par exemple.



Fig. 18 : Finition 1 µm objx50



Fig. 19 : Finition Alumine n°3 objx50

Voici ci-dessous une seconde gamme possible pour des **aciers traités superficiels et à cœur** :

N°	Support	Suspension / Lubrifiant	Vplateau (tr/min)	Vtête (tr/min)	Sens de rotation Plateau / tête	Temps
1	I-Max R 54µm	Ø / Eau	300	150	→ →	3'
2	MED-R	9µm super abrasif / Ø	150	135	→ →	4'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	3'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al ₂ O ₃ n°3 / Eau	150	100	→ ←	1'

Pour cette seconde gamme, l'étape 2 est remplacée par le support MED-R. Ce support constitué de plots de résine, permet de remplacer plusieurs tissus et de conserver une bonne planéité. Il s'utilise avec une suspension super abrasive pour MED-R qui est un produit 2 en 1 (la suspension abrasive et lubrifiant sont déjà mélangés et prêts à l'emploi).

Pour le polissage diamanté, c'est à l'aide de suspensions polycristallines concentrées LDP que les étapes 3 et 4 sont faites. Le diamant polycristallin a des angles vifs qui sont adaptés pour polir les matériaux mi-durs à durs.

Si les matériaux à polir sont sensibles à la corrosion, les suspensions diamantées LDP peuvent être remplacées par des suspensions diamantées base alcool, anhydres ADS polycristallines.

Parfois, il est nécessaire d'adapter la gamme selon le traitement, notamment dans le cas des **aciers nitrurés**.

N°	Support	Suspension / Lubrifiant	Vplateau (tr/min)	Vtête (tr/min)	Sens de rotation Plateau / tête	Temps
1	Sic P320	Ø / Eau	300	150	→ →	1'
2	TOP	9µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	4'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	3'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al ₂ O ₃ n°3 / Eau	150	100	→ ←	1'

Nota : La mise à niveau à l'aide du papier abrasif P320 est suffisante pour un échantillon qui sort d'une coupe métallographique. Si un enlèvement de matière plus important est nécessaire, il faut utiliser un papier abrasif avec une granulométrie plus importante.

Pour les aciers nitrurés, le polissage à l'aide des supports I-Max R ou MED-R est trop agressif et pourrait endommager la couche de combinaison. Il est donc préférable de remplacer l'I-Max R par un papier abrasif P320.

Les étapes suivantes sont réalisées classiquement à l'aide de tissus de polissage et de suspensions diamantées LDP et du lubrifiant associé Reflex LUB. Enfin, la superfinition est également optionnelle à l'aide d'alumine sur un tissu flocké NT.

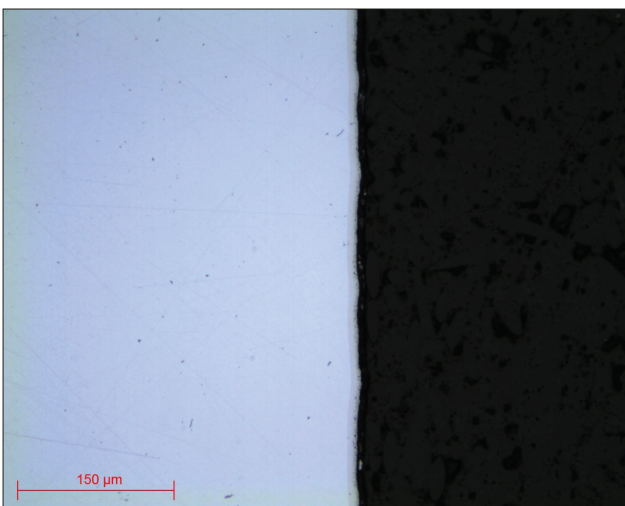


Fig. 20 : Finition ¼ µm acier nitruré objx20

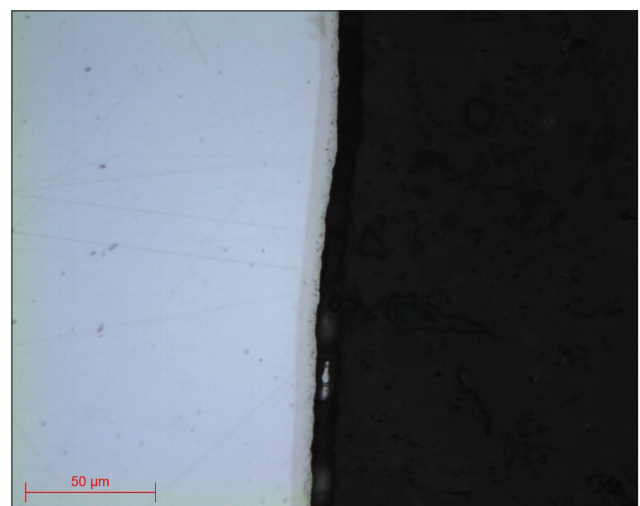


Fig. 21 : Finition ¼ µm acier nitruré objx50

MICROSTRUCTURE

Les aciers traités s'attaquent généralement à l'aide du réactif d'attaque Nital 4% (sauf pour le cas des aciers inoxydables qui ont leurs propres réactifs d'attaque). Cela permet de révéler la structure et pour les aciers nitrurés, de mettre en évidence la couche de combinaison (couche blanche). Les micrographies présentées ont été réalisées au moyen du logiciel **PRESI VIEW** :



Fig. 22 : Trempe martensitique objx50

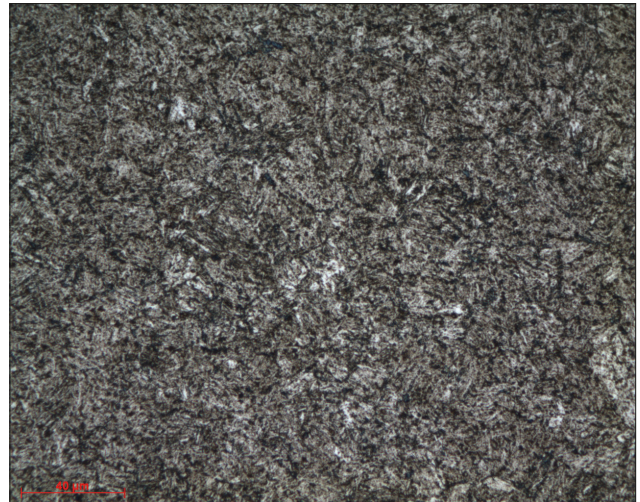


Fig. 23 : Trempe-revenu martensitique objx50

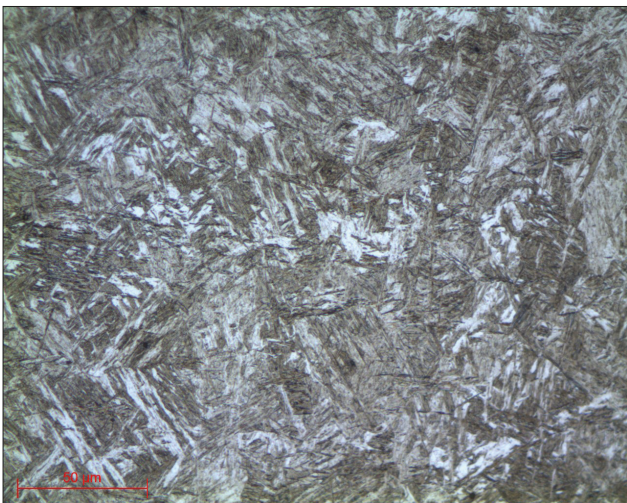


Fig. 24 : Structure martensitique bord objx50

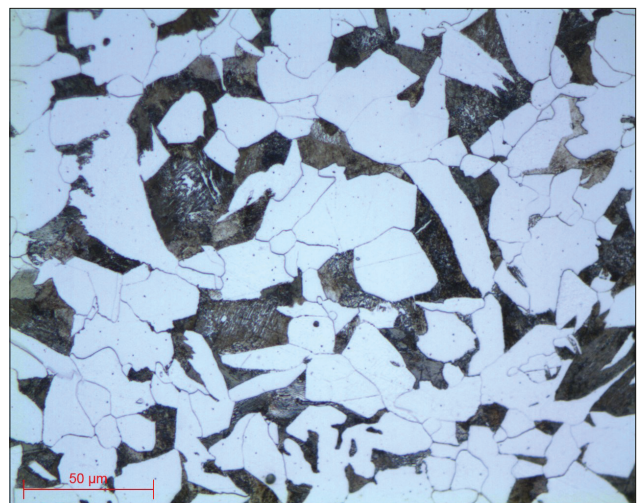


Fig. 25 : Structure ferrito-perlitique cœur objx50

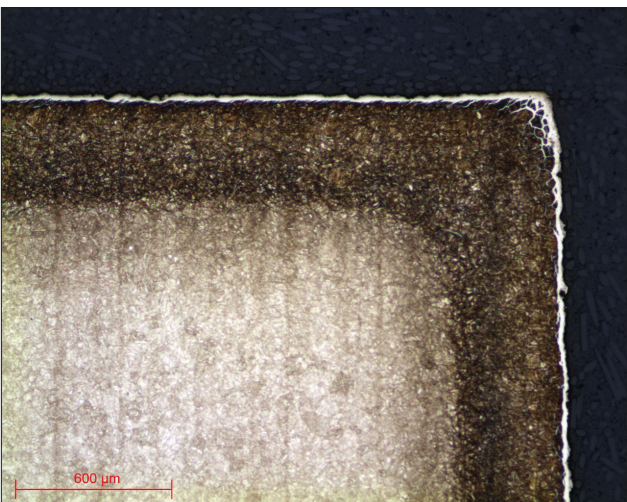


Fig. 26 : Structure acier nitruré objx5

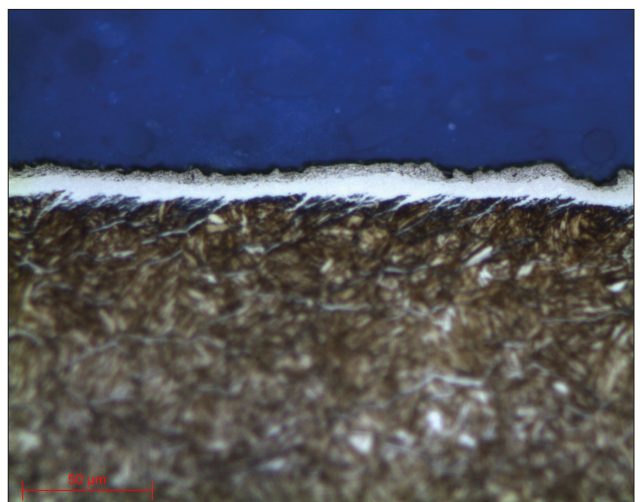


Fig. 27 : Couche blanche - nitruration objx50

Figures 22 à 27 : exemples de structure que l'on peut rencontrer lors du contrôle d'acier ayant été traité thermiquement.

FILIATION DE DURETÉ

Généralement des essais de dureté sont réalisés pour vérifier la conformité ou non de la pièce traitée thermiquement. Cela se traduira donc par une variation de la dureté si le traitement est superficiel (plus dur en extérieur et moins dur à cœur) et par une variation moindre (avec des valeurs de dureté assez proches), dans toute la pièce si celle-ci a été traitée dans la masse.

Pour réaliser ces essais de dureté, il est conseillé d'utiliser le **duromètre PRESI HZ 10-4**, avec le **logiciel Presi Touch Pattern**.



Fig. 28 : Duromètre HZ 10-4



Fig. 29 : Ecran du logiciel Presi Touch Pattern

Le duromètre HZ 10-4 a une plage de charge de 10 g à 10 kg. Il est équipé d'un seul pénétrateur Vickers ou Knoop et il est possible d'avoir jusqu'à 4 objectifs qui permettent d'obtenir un grossissement de 200 à 2000x.

En option, une caméra macroscopique est disponible et permet d'avoir une vue d'ensemble de la pièce (facilite le positionnement des filiations).

Le logiciel Presi Touch Pattern permet de réaliser des filiations en automatique pour le traitement thermique, CHD, NHT...

La navigation est intuitive et toutes les fonctionnalités sont directement accessibles. Les données et les résultats sont affichés en permanence.

Les filiations peuvent être régulières, irrégulières et il est possible de faire des points isolés. Une prévisualisation des empreintes aide au positionnement de la filiation avant les essais.

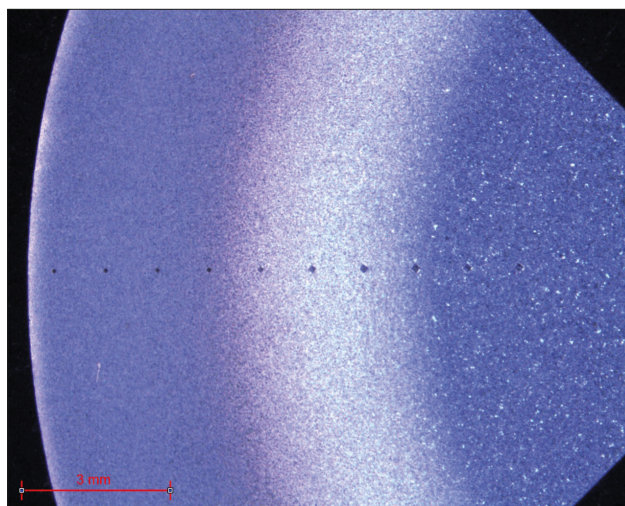


Fig. 30 : Pièce avec Filiation de dureté

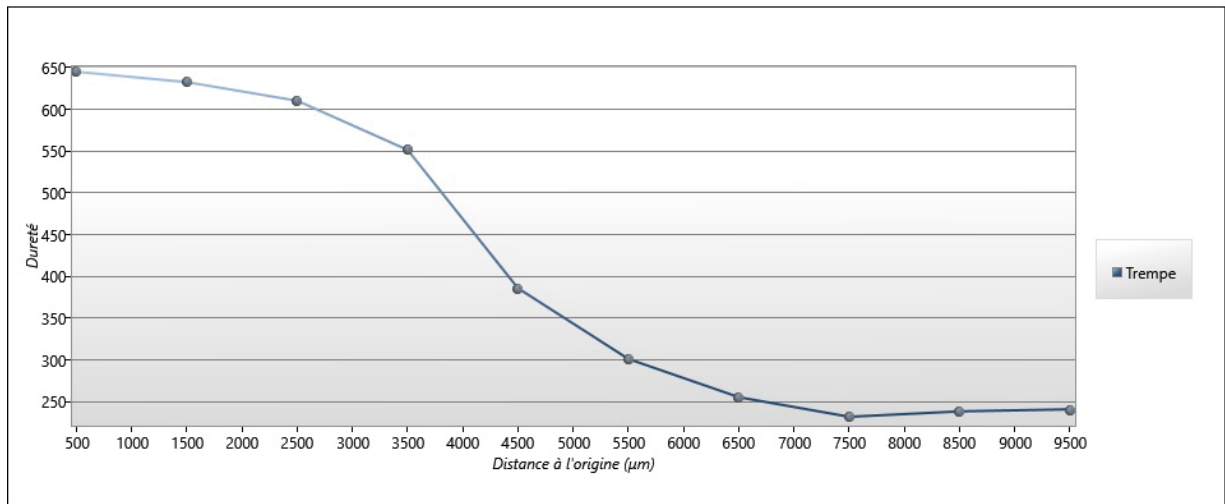


Fig. 31 : Graphique acier traité par induction