



# CHRONIFER® M-15X

Acier inoxydable martensitique trempable sous forme de feuilards laminés  
1<sup>ère</sup> Partie: Destinée aux transformateurs de précision

## Description générale

L'acier CHRONIFER® M-15-X est un acier inoxydable martensitique trempable sous forme de feuillard, issu de la métallurgie des poudres, procédé MicroMelt®. Il a été développé en commun par L. Klein SA et Carpenter Technology Corp., Wyomissing, PA, USA. Cette métallurgie particulière lui procure et garantit l'excellente homogénéité et finesse de sa microstructure. [LINK](#)

## Métallurgie des poudres

La métallurgie des poudres selon le procédé MicroMelt® est la source de l'ensemble des aptitudes et capacités supérieures des feuilards en CHRONIFER® M-15X.

- Elaboration sous vide VIM d'un acier propre
- Pulvérisation sous jet d'azote
- Compression à chaud HIP à 100% de densité sous forme de brames de laminage
- Laminage classique à chaud des brames en feuilards puis de ceux-ci à froid

## Particularités

Cette métallurgie particulière est à la base de ses aptitudes uniques au laminage et au formage à froid, ainsi qu'à tous les modes de polissage et techniques de décor.

## Caractéristiques particulières

L'acier CHRONIFER® M-15X se caractérise par sa grosseur du grain très fine (No ASTM 11-13) et sa ductilité élevée à tous les niveaux de résistance pouvant être obtenus par laminage et formage à froid, ainsi qu'après traitement thermique. Ces deux caractéristiques essentielles sont responsables de la régularité et de la reproductibilité de l'ensemble de son adéquation, aptitudes et propriétés. Sa résistance à la corrosion est remarquable. Elle est pour le moins équivalente ou supérieure à celle des nuances 1.4301 et 1.4306 (AISI 304).

## Numéro matière et normes

| No. matière | EN          | ASTM    | NF      | AISI | SUS  |
|-------------|-------------|---------|---------|------|------|
| 1.4057      | X17CrNi16-2 | F899-09 | S94-090 | 431  | ≈431 |

## Analyse de référence %p

| C    | Mn  | Si   | S     | P     | Cr   | Ni  | N    |
|------|-----|------|-------|-------|------|-----|------|
| 0.12 | max | max  | 0.005 | max   | 15.0 | 1.5 | max  |
| 0.20 | 1.0 | 1.00 | 0.015 | 0.030 | 17.0 | 2.0 | 0.10 |

## Domaines préférentiels d'utilisation

L'ensemble des propriétés des feuilards en CHRONIFER® M-15X le désigne tout particulièrement pour les applications médicale et horlogères.

## Fourniture Open source

La fourniture de feuilards d'ébauche en CHRONIFER® M-15X est faite sur la base « Open source » ouverte à tous les transformateurs, spécialistes du laminage de précision et à tous les utilisateurs.

## Responsabilité

La responsabilité de L. Klein est de fournir un alliage original en bandes d'ébauche possédant les capacités de réalisation et d'obtention optimales des propriétés décrites dans la 2<sup>ème</sup> Partie de cette Fiche technique « Adéquations, recommandations et limites des feuilards laminés ».

## Offre et disponibilité

L'alliage CHRONIFER® M-15X peut être obtenu sous les formes suivantes :  
Feuilards en bandes d'ébauche terminées à froid & recuites : Rm 755 ± 25 MPa

- Epaisseur : 2.54 mm
- Largeur: 205 ± 10 mm

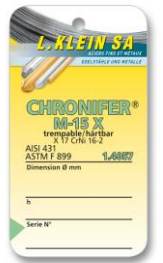
Dimensions courantes en stock, voir: [Programme de vente de L. Klein SA](#)  
D'autres dimensions ou exécutions sur demande

**L. KLEIN SA**

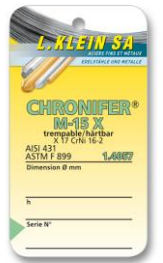
ACIERS FINS ET MÉTAUX

EDELSTÄHLE UND METALLE

FINE STEEL AND METALS



# CHRONIFER® M-15X



# CHRONIFER<sup>®</sup> M-15X

Acier inoxydable martensitique trempable sous forme de feuilards laminés  
1<sup>ère</sup> Partie: Destinée aux transformateurs de précision

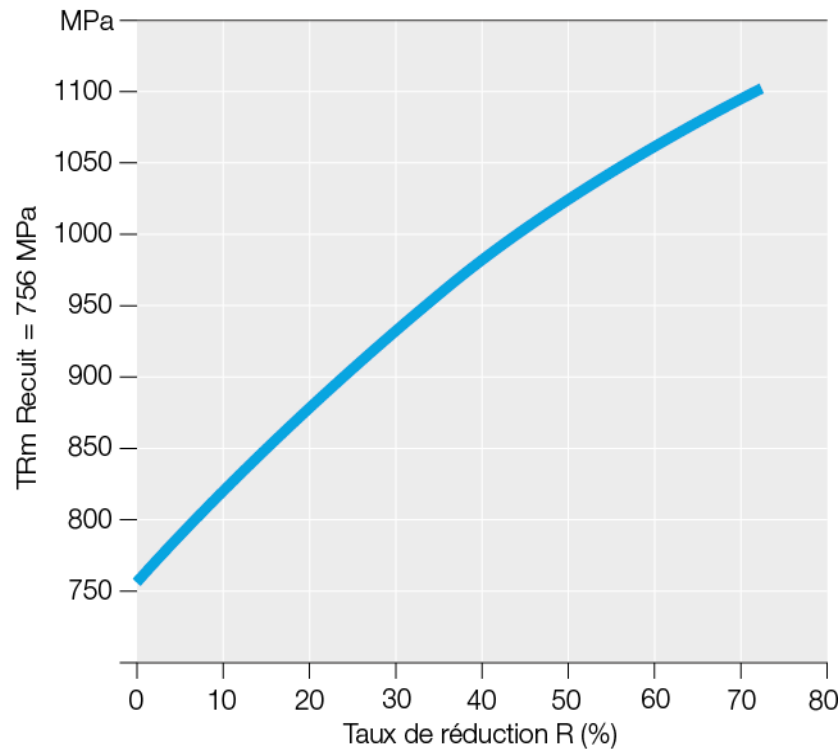
## Cahiers des charges des utilisateurs

Tous les cahiers des charges des feuilards et bandes laminés de précision pour les utilisations finales, doivent être définis directement par les utilisateurs en collaboration avec les transformateurs, spécialistes du laminage de précision.

## Courbe type du durcissement par écrouissage à froid par laminage

La capacité de durcissement de l'acier CHRONIFER<sup>®</sup> M-15X par laminage à froid est donnée par le diagramme indicatif ci-dessous.

L'acier CHRONIFER<sup>®</sup> M-15X peut aisément être laminé et former à froid, et découpé en bandes ou lacets.



## Recuit

Les feuilards en bandes d'ébauche fournis par L. Klein SA sont à l'état recuit.

- Recuit à 750°C
- Rm 755 ± 25 MPa
- Grosseur du grain No ASTM 11-13

Renonciation: Les informations et données de cette fiche technique ne sont qu'indicatives. Elles ne sont pas un mode d'emploi. Celui-ci doit être établi dans chaque cas par l'utilisateur de la matière.



# CHRONIFER® M-15X

## Adéquations, recommandations et limites des feuillards laminés 2<sup>ème</sup> partie : Destinée aux utilisateurs

### Aptitude au découpage fin et formage de haute précision

L'acier CHRONIFER® M-15X présente une ductilité élevée tant à l'état écroui à froid que traité thermiquement. Elle permet un découpage fin et le formage de pièces dans tous ses états d'utilisation.

### Mise d'épaisseur par rectification plane double face

La mise d'épaisseur et de planéité par rectification plane double face est aisée à tous les niveaux de résistance mécanique Rm de bandes laminées ou de bandes ou de pièces trempées-revenues jusqu'à leur résistance maximum.

### Aptitude aux traitements thermiques

La réponse de l'acier CHRONIFER® M-15X aux traitements thermiques de trempe et revenu est excellente. Elle permet de réaliser facilement une palette de propriétés mécaniques capables de couvrir toutes les exigences.

### Traitements de trempe optimal

Trempe pour atteindre la résistance mécanique Rm et la dureté Hv optimales:

- Trempe primaire au gaz: 1020 ± 5°C/vide et N2/trempe par N2 sous pression
- Option additionnelle recommandée :  
Trempe secondaire cryogénique: -80°C / 6 – 12h (recommandé 12h)
- Etat de surface après trempe: blanc

### Trempe aux fours à passage et à bande

Dans ces cas, les résistances Rm et la dureté maximum pouvant être obtenues sont de l'ordre de jusqu'à 7% plus faibles que celles que celles atteignables à l'aide d'une trempe au gaz optimale à 1020 ± 5°C.

- 1025 ± 5°C au four à passage pour les bandes.
- 1025 ± 5°C au four à bande pour les pièces et barquettes d'usinage.
- Option additionnelle recommandée:  
Trempe secondaire cryogénique: -80°C / 6 – 12h (recommandé 12h)

### Trempe en paquets

- La trempe en paquets n'est pas recommandée.

### Grossissement du grain

- La grosseur du grain normale du CHRONIFER® M-15X est No ASTM 11-13. Au-dessus de 1030°C, un grossissement rapide du grain a lieu.
- Une trempe à 1050°C peut entraîner une réduction de la résistance mécanique Rm et de la dureté jusqu'à 5%.
- Une trempe à 1050°C entraîne le grossissement du grain jusqu'à No ASTM 6-8.
- Une trempe au-delà de 1030°C peut entraîner une réduction sensible de l'excellente aptitude au polissage de cet acier.

### Température de trempe pour obtenir un polissage optimal

La température de trempe optimale de trempe est de 1020 ± 5°C pour assurer:

- Le polissage le plus fin possible
- La réalisation de décors après traitements thermiques

Cette température limite ne devrait pas non plus être dépassée lors de la montée en température (over shoot).



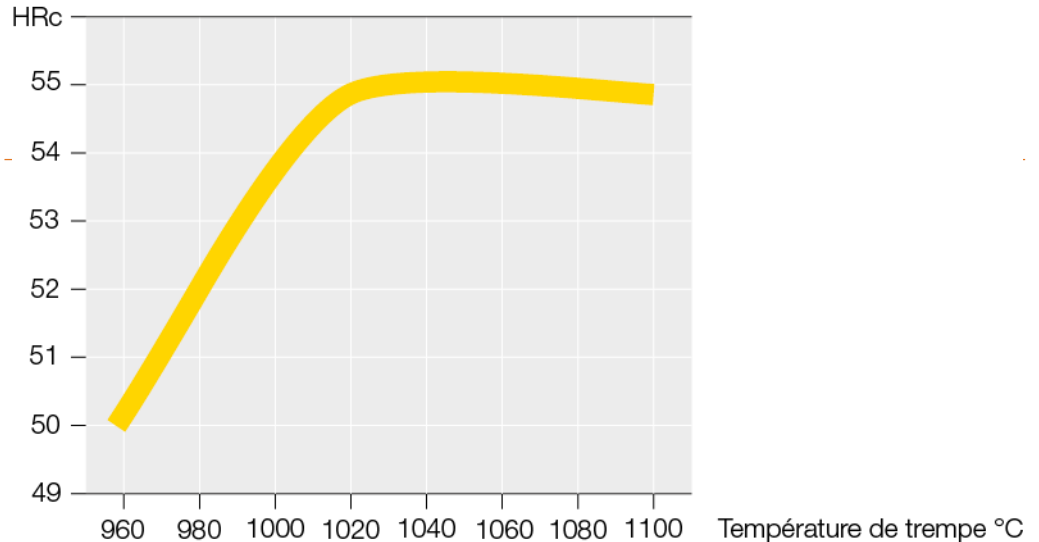
# CHRONIFER® M-15X

Adéquations, recommandations et limites des feuillards laminés  
2<sup>ème</sup> partie : Destinée aux utilisateurs

## Courbe de trempe

**Optimal:**  
T = 1020 – 1025 °C  
t = 30 – 40 min  
trempe au gaz

**Dureté HRc  
converties de  
Hv10**



La courbe ci-dessus montrant l'aptitude et la capacité au durcissement de l'acier CHRONIFER® M-15X été établie avec des éprouvettes cylindriques de 6 mm de diamètre. Elle n'est qu'indicative. Sa validité doit être vérifiée pour chaque taille et forme de pièces de même que pour le risque de distorsion à la trempe.

## Traitement de revenu en paquets

- Le traitement de revenu en paquets bien que pas recommandé peut cependant être envisagé en tenant compte de la durée montés en température jusqu'au centre des paquets traités.
- Eviter toute surchauffe de la surface des paquets en voulant accélérer la vitesse de montée en température jusqu'à cœur.

## Usinage

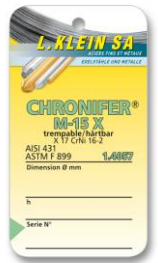
L'usinage par enlèvement de copeaux des feuillards en CHRONIFER® M-15X est réalisable dans tous ses états métallurgiques :

- Dans tous les états métallurgiques
- A tous les niveaux de résistance mécanique à l'état laminé à froid
- A tous les niveaux de résistance mécanique à l'état trempé-revenu

## Traitements d'expansion de l'austénite

L'acier CHRONIFER® M-15X est adapté aux traitements thermiques d'expansion de phase de l'austénite comme par exemple :

- Par chargement de la surface en N<sub>2</sub> simultanément au traitement de trempe dans les fours de trempe au gaz. Procédé SoINit p.ex.
- Par chargement de la surface en N<sub>2</sub>+C à une température intermédiaire.
- Dans les deux cas, l'indice PREN de la résistance à la corrosion par piqûres augmente par suite de l'enrichissement en azote de la surface.
- Dans les deux cas la dureté en surface peut dépasser 57 HRc.
- Un traitement d'expansion de phase peut modifier la réflectance de la surface.
- Un soudage ou marquage laser entraîne une perte d'azote en sursaturation et abaisse localement tant la dureté que la résistance à la corrosion.

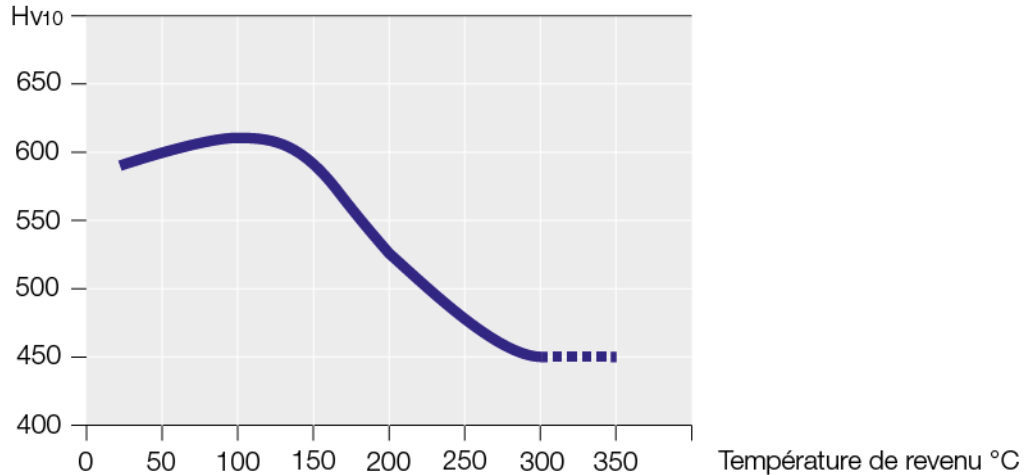


# CHRONIFER® M-15X

Adéquations, recommandations et limites des feuillards laminés  
2<sup>ème</sup> partie : Destinée aux utilisateurs

**Courbe de revenu  
après trempe au gaz  
1020 – 1025 °C  
t = 30 – 40 min**

**Dureté Hv10**



La courbe ci-dessus de l'aptitude et de la capacité de durcissement de l'acier CHRONIFER® M-15X été établie avec des éprouvettes cylindriques de 6 mm de diamètre. Elle n'est qu'indicative. Sa validité doit être vérifiée pour chaque taille et forme de pièces de même que pour le risque de distorsion à la trempe.

## Traitement de revenu

Revenu: Température de revenu selon les besoins, voir diagramme ci-dessus  
La température de revenu optimal permettant d'obtenir la résistance et la dureté maximum est indiquée par le graphique ci-dessus.

- Applications médicales exigeant une stérilisation à la vapeur d'eau à 134°C:  
Température de revenu: 140-170°C/1-2h selon l'épaisseur des pièces
- Autres applications où la température maximum en service n'excède pas 70°C:  
Température de revenu: 90-120°C/1-2h selon l'épaisseur des pièces

## Polissage

L'excellente adéquation et aptitude de l'acier CHRONIFER® M-15X à tous les modes de polissage, tant horlogers qu'industriels, se distingue de celle de tous les autres aciers. Elle est due à la métallurgie particulière de cet acier, à la technique de la métallurgie poudres utilisée et, finalement, à l'extrême finesse de la grosseur du grain de typiquement No ASTM 11-13 qu'elles permettent d'atteindre.

Ensemble, elles permettant de réaliser des gains considérables par:

- La réduction massive des durées de polissage
- Des coûts de polissage
- La réalisation économique de qualité de surfaces polies, (très) difficilement réalisables économiquement avec d'autres aciers inoxydables martensitiques ou autres.

## Magnétisme

Une température de revenu entre 220°C et 300-350°C rend l'alliage CHRONIFER® M-15X progressivement magnétiquement dur, donc de plus en plus difficile à démagnétiser.

[LINK](#)





# CHRONIFER® M-15X

Adéquations, recommandations et limites des feuillards laminés  
2<sup>ème</sup> partie : Destinée aux utilisateurs

## Traitements thermiques de pièces fines, médicales et horlogères

| Remarque et indication                | Type de pièces :                                 | Pièces courantes   | Pièces hautement sollicitées   |
|---------------------------------------|--|--|--|
|                                       |  | Traitements réalisables dans les : <ul style="list-style-type: none"> <li>• fours à passage</li> <li>• fours à bande usuels</li> </ul> | Traitements recommandés pour les pièces très sollicitées             |
| <b>Trempe</b>                         | Température (°C)<br>Maintien (min)<br>Atmosphère | 1025 ± 5<br>30 - 40<br>Ar ou H2  | 1020 ± 5<br>30 - 40<br>< ≈ 600°C: vide<br>> ≈ 600°C: 100 - 200 mb N2 |
|                                       | Milieu de trempe<br>Etat de surface              | rapide<br>peut être oxydée (colorée)   | gaz: N2 ≥ 3b<br>blanc, non-oxydé                                     |
| <b>Trempe cryogénique optionnelle</b> | Température (°C)<br>Maintien (h)                 | -80<br>6 - 24 (recommandé 12h)   | -80<br>6 - 24 (recommandé 12h)                                       |
| <b>Revenu Pièces pour le médical</b>  | Température (°C)<br>Maintien (h)<br>Atmosphère   | 150 - 170<br>2<br>H2 ou Ar   | 150 - 170 ou selon besoins<br>2<br>H2                                |
| <b>Revenu standard</b>                | Température (°C)<br>Maintien (h)<br>Atmosphère   | 90 - 170<br>2<br>H2 ou Ar  | 90 - 120 ou selon besoins<br>2<br>H2                                 |
| <b>Dureté</b>                         | HRc surface<br>HV <sub>10</sub>                  | max ≈ 52-53<br>max ≈ 550   | jusqu'à 55 HRc<br>max ≈ 600  |
| <b>Propriétés Mécaniques</b>          | Rm (MPa)<br>A (%)                                | > ≈ 1750<br>> 10   | ≥ 1900<br>≥ 8  |

Renonciation: Les informations et données de cette fiche technique ne sont qu'indicatives. Elles ne sont pas un mode d'emploi. Celui-ci doit être établi dans chaque cas par l'utilisateur de la matière.