

Rouages de montre

Défis liés à l'usinage des rouages dans l'industrie horlogère

Les rouages de montre sont essentiels pour la précision et le fonctionnement du mouvement d'une montre. Son usinage pose des exigences particulières en raison de dimensions extrêmement réduites, de tolérances strictes et de propriétés de matériau spéciales.

1. Choix du matériau et usinabilité

Les rouages de montre sont composés de différents matériaux qui apportent chacun des défis spécifiques :

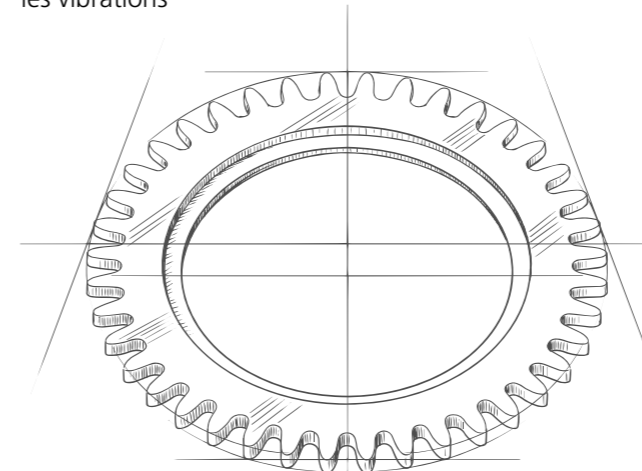
- Laiton (CuZn37, CuZn39Pb3) → Bonne usinabilité, mais matériau doux → usure d'outil élevée pour les structures fines
- Maillechort (CuNi12Zn24/CuNi18Zn20) → Plus dur que du laiton, mais usinabilité moins bonne
- Acier inoxydable (316L, 17-4 PH) → Résistant à la corrosion, mais difficile à fraiser et à tourner
- Titane (Ti6Al4V) → Léger et robuste, mais a tendance à écrouir
- Silicium → Utilisé pour des rouages de haute précision dans la plage de haute fréquence (par des procédés de gravure chimique ou de laser)

2. Précision élevée et tolérances strictes

- Tolérances dans la plage de $\pm 2-5 \mu\text{m}$ → Les plus petites divergences altèrent la précision de pas
- Profil de denture parfait → Important pour une transmission fluide de la force et une perte minimale d'énergie
- Coaxialité et précision de concentricité → Nécessaire pour garantir une préhension uniforme avec d'autres dents

3. Techniques d'usinage et défis

- a) Fraisage/ taillage par fraise-mère/taillage par outil-pignon
- Des durées de vie d'outil difficiles pour les matériaux durs
- Positionnement précis nécessaire pour garantir des divergences minimales de la forme de la denture
- Haute exigence sur les systèmes de serrage afin d'éviter les vibrations



b) Électroérosion à fil ou par enfonçage (pour des rouages hautement précis)

- Processus lent, mais extrêmement précis → idéal pour les prototypes et les petites séries
- Risque d'influence de la chaleur pour la denture fine → peut entraîner des divergences dimensionnelles

c) Découpe laser/gravure (pour les rouages en silicium)

- La gravure est particulièrement adaptée aux structures fines (par ex. échappement à ancre)
- Requiert un post-traitement spécial pour le retrait des bavures et des tensions

4. Durée de vie de l'outil et usure

- Outils en carbure cémenté ou PCD/CBN nécessaire pour les matériaux durs comme l'acier inoxydable ou le titane
- Usure importante en raison d'outils de très petite taille (Fraise $\varnothing < 0.1 \text{ mm}$ pour micro-rouages)
- Arrosage décisif → souvent lubrification en quantité minimale (LQM) ou usinage à sec

5. Qualité de la surface et finitions

- Rugosité minimale requise → Moins de frottement, efficacité plus élevée
- Rodage ou tribofinition pour l'amélioration de la qualité des flancs d'engrenages
- Revêtement galvanique (placage or, rhodiage, revêtement en nickel) pour la protection et la réduction des frottements

CONCLUSION

L'usinage des rouages dans l'industrie horlogère requiert une précision extrême, des procédés de production spécialement adaptés et des matériaux de qualité supérieure. La formation de bavures, la durée de vie de l'outil, un profil de denture parfait et le post-traitement sont les points les plus complexes.

Usinage

1 MICRO-ALÉSAGE

FUTURO

Tête d'alésage miniature avec queue cylindrique

Tête d'alésage fine pour une circularité et une cylindricité parfaites des diamètres, réglable en 1 µm



SWISS TOOLS

Tête d'alésage miniature avec HSK-EZ15 / ATC15

Tête d'alésage fine pour une circularité et une cylindricité parfaites des diamètres, réglable en 1 µm



2 FRAISAGE PAR MODULE DE DENTURE

Fraise de forme pour denture type 3355

Tailles de module de 0.5–3.0 mm



DIXI
polytool

Fraise-mère 1675

Fraise-mère pour denture cycloïdale, conçue pour le taillage par génération par création de pignons et de rouages (NIHS, EVJ, CETEHOR)



DIXI
polytool

Fraise-mère monobloc 1672

pour denture cycloïdale, pour le taillage par génération au cours de la formation de petits rouages (normes NIHS, EVJ, CETEHOR, etc.) avec profil logarithmique réaffûtable



DIXI
polytool

Fraise-mère spéciale de réglage

Pour le taillage par génération par création de pignons et de rouages, roue chromatique, denture de loup asymétriques



3 MICRO-ALÉSAGE D'AJUSTEMENTS INTÉRIEUR DES DISQUES DE ROUE DENTÉE

magafor

Alésoir Magaforce 8610

Pas de 0.005 mm pour les perçages de haute précision à partir de Ø 0.2 mm, rainuré à gauche



DIXI
polytool

POLY 4007-TC

Alésoir de machine VHM avec angle d'hélice à gauche, à partir de Ø 0.37 mm, avec pas inégal

