

Uhrenzahnräder

Herausforderungen bei der Bearbeitung von Zahnrädern in der Uhrenindustrie

Uhrenzahnräder sind entscheidend für die Präzision und Funktion eines Uhrwerks. Ihre Bearbeitung stellt besondere Anforderungen, da sie extrem kleine Abmessungen, enge Toleranzen und spezielle Materialeigenschaften aufweisen.

1. Materialwahl und Bearbeitbarkeit

Uhrenzahnräder bestehen aus verschiedenen Materialien, die jeweils eigene Herausforderungen mit sich bringen:

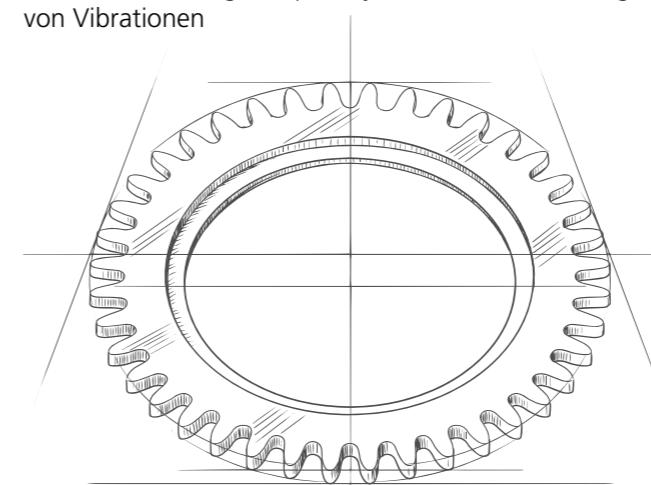
- Messing (CuZn37, CuZn39Pb3) → Gute Zerspanbarkeit, aber weiches Material → hoher Werkzeugverschleiss bei feinen Strukturen
- Nickelsilber (CuNi12Zn24, CuNi18Zn20) → Härter als Messing, aber schlechtere Zerspanbarkeit
- Edelstahl (316L, 17-4 PH) → Korrosionsbeständig, aber schwer zu fräsen und zu drehen
- Titan (Ti6Al4V) → Leicht und robust, aber neigt zur Kaltverfestigung
- Silizium → Wird für hochpräzise Zahnräder im Hochfrequenzbereich verwendet (durch Ätz- oder Laserverfahren)

2. Hohe Präzision und enge Toleranzen

- Toleranzen im Bereich von $\pm 2\text{--}5 \mu\text{m}$ → Kleinste Abweichungen beeinträchtigen die Ganggenauigkeit
- Perfekte Zahngeometrie → Wichtig für reibungslose Kraftübertragung und minimalen Energieverlust
- Koaxialität und Rundlaufgenauigkeit → Notwendig, um gleichmäßigen Eingriff mit anderen Rädern zu gewährleisten

3. Bearbeitungsmethoden und Herausforderungen

- a) Fräsen/Wälzfräsen/Wälztossen
 - Schwierige Werkzeugstandzeiten bei harten Materialien
 - Präzise Positionierung notwendig, um minimale Abweichungen der Zahnform zu gewährleisten
 - Hohe Anforderung an Spannsysteme zur Vermeidung von Vibrationen



- b) Draht- oder Senkerodieren (für hochpräzise Zahnräder)
 - Langsamer Prozess, aber extrem präzise → ideal für Prototypen und Kleinserien
 - Gefahr von Wärmeeinfluss bei dünnen Zähnen → kann zu Massabweichungen führen

- c) Laserschneiden/Ätzen (bei Siliziumzahnrädern)
 - Ätzen ist besonders für feine Strukturen (z. B. Ankerhemmung) geeignet
 - Erfordert spezielle Nachbehandlung zur Entfernung von Graten und Spannungen

4. Werkzeugstandzeit und Verschleiss

- Hartmetall- oder PKD/CBN-Werkzeuge notwendig für harte Materialien wie Edelstahl oder Titan
- Hoher Verschleiss durch extrem kleine Werkzeuge (Fräser Ø < 0.1 mm für Mikro-Zahnräder)
- Kühlung entscheidend → oft Minimalmengenschmierung (MMS) oder Trockenbearbeitung

5. Oberflächenqualität und Nachbearbeitung

- Minimale Rauheit gefordert → Weniger Reibung, höhere Effizienz
- Honen oder Gleitschleifen zur Verbesserung der Zahnflankenqualität
- Galvanische Beschichtung (Vergolden, Rhodinieren, Nickelbeschichten) für Schutz und Reibungsminderung

FAZIT

Die Bearbeitung von Zahnrädern in der Uhrenindustrie erfordert höchste Präzision, speziell angepasste Fertigungsverfahren und hochwertige Materialien. Die Herausforderungen liegen in der Gratbildung, Werkzeugstandzeit, perfekten Zahngeometrie und Nachbearbeitung.



Bearbeitung

