

Was ist der Unterschied zwischen Spiralspannstiften aus Legierungsstahl und aus Kohlenstoffstahl?

von Jeff Greenwood, Produkt-Vertriebsingenieur
SPIROL International Corporation

Spiralspannstifte verfügen über eine höhere Festigkeit und Flexibilität im Vergleich zu vielen anderen Arten von Verbindungselementen. Spiralspannstifte absorbieren auch wirkungsvoll Stöße und Vibrationen und fungieren daher als aktive Komponenten in Anwendungen mit dynamischen und dauerhaften Belastungen. Die Materialauswahl ist entscheidend, damit der Spiralspannstift die für eine optimale Funktion erforderlichen Federeigenschaften aufweist.

Kohlenstoffstahl und Legierungsstahl sind die kosteneffektivsten und vielseitigsten Materialien, die für die Herstellung von Spiralspannstiften verwendet werden können. Diese Materialien sind ohne Weiteres verfügbar, leicht zu verarbeiten und weisen sehr einheitliche und vorhersagbare Leistungsmerkmale auf. Obwohl diese Materialien nur einen begrenzten Korrosionsschutz aufweisen, reichen sie für die meisten Anwendungen aus. Beide Materialien bieten ähnliche mechanische Eigenschaften und sollten für Ingenieure aus konstruktiver Sicht als gleichwertig betrachtet werden.

Beschreibung	Kohlenstoffreicher Stahl	Legierungsstahl
Güte	UNS G10700 / G10740 C67S (1.1231) / C75S (1.1248)	UNS G61500 51CrV4 (1.8159)
Spezifikation	ASTM A684 / A684M SAE J403 EN 10132-4	ASTM A506-05 EN 10132-4
Härte, VICKERS	HV 420 – 545	HV 420 – 545



Wärmebehandelte Spiralspannstifte

Kohlenstoffstahl ist kostengünstiger als Legierungsstahl, und daher der allgemein bevorzugte Werkstoff für Federstifte. Jedoch sollten Spiralspannstifte mit großen Durchmessern ($> \varnothing 0.500'' / \varnothing 12\text{mm}$) nicht aus Kohlenstoffstahl hergestellt werden, da sie nicht schnell genug abgeschreckt werden können, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften zu erreichen, die für statische oder dynamische Anwendungen erforderlich sind. Daher wird für Spiralspannstifte mit großen Durchmessern Legierungsstahl verwendet, da die Anforderungen an das Abschrecken geringer sind und somit erreicht werden können.

ÜBERSICHT DER WÄRMEBEHANDLUNG

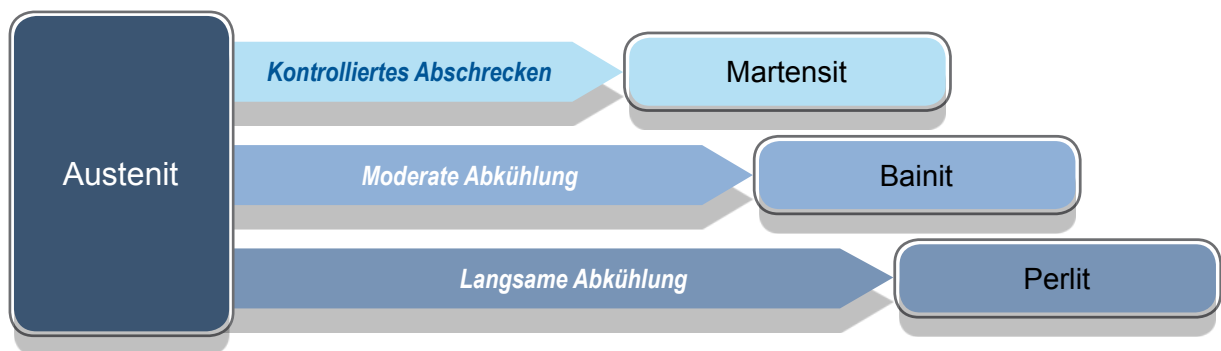
Alle Federstifte gefertigt aus Kohlenstoffstahl und Legierungsstahl werden wärmebehandelt, um Festigkeit, Flexibilität und Härte zu optimieren. Der Wärmebehandlungsprozess für Federstifte, die aus diesen Materialien hergestellt werden, umfasst das Grundhärten, Abschrecken und Anlassen. Die Wärmebehandlung ermöglicht es den Herstellern, die Mikrostruktur eines Produkts zu beeinflussen, was sehr wichtig ist, da die Mikrostruktur die Eigenschaften des Produkts bestimmt.

Der erste Schritt ist die Grundhärtung, bei der die Spiralspannstifte auf Temperaturen knapp unter 2000°F (1100°C) erhitzt werden, was die eutektoid Temperatur überschreitet, bei der das Gefüge in ein austenitisches Gefüge umgewandelt wird. An diesem Punkt kann die Mikrostruktur des Materials durch das Abschrecken beeinflusst werden, d. h. durch das Abkühlen des Materials auf Umgebungstemperatur. Die Geschwindigkeit (Zeit bis zum Erreichen der Umgebungstemperatur), mit der ein Material abgeschreckt wird, bestimmt das sich daraus ergebende Mikrogefüge. Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, die aus der eutektoiden Temperatur abgeschreckt werden, können zu drei primären mikrostrukturellen Umwandlungsprodukten führen: Perlit, Bainit und Martensit. Martensit weist von den drei die besten mechanischen Eigenschaften auf. Bei den Federstiften ist dies gleichbedeutend mit Scherfestigkeit, Ermüdungslebensdauer, Flexibilität, Härte, usw.

Theoretisch gesehen ist das Ziel der Wärmebehandlung von Federstiften, eine 100%ige martensitische Mikrostruktur zu erzielen. Obwohl dies in der Praxis nicht machbar ist, optimiert ein effektiver Wärmebehandlungsprozess die martensitische Zusammensetzung innerhalb des Materials. Martensit wird gebildet, wenn das Material schnell genug abgeschreckt wird, um die Diffusion von Kohlenstoff zu verhindern. Wenn der Abschreckprozess zu langsam ist, entweichen die Kohlenstoffatome aus der gewünschten atomaren Geometrie, und es bilden sich weniger erwünschte Gefüge (Perlit, Bainit).

Der letzte Schritt bei der Wärmebehandlung ist das Anlassen. Dies wird durchgeführt, nachdem die Stifte auf Umgebungstemperatur abgeschreckt wurden. Das Anlassen erfolgt bei Temperaturen unter 540 °C (unterhalb der kritischen Eutektoidtemperatur). Das Anlassen verbessert die Duktilität und Zähigkeit des Martensits, da die Stifte unmittelbar nach dem Abschrecken spröde sind. Der Anlaßvorgang muß unterhalb der Temperatur erfolgen, bei der sich das Metall in Austenit umwandelt. Diese niedrigere Anlasstemperatur baut innere Spannungen ab, verringert die Sprödigkeit und sorgt für eine hohe Härte. Federn (z.B. Spiralspannstifte), die bei höheren Temperaturen angelassen werden, haben einen größeren Verlust an Härte und Festigkeit zur Folge, weisen aber eine bessere Elastizität auf. Daher ist das Verfahren zur Wärmebehandlung ein wesentlicher Bestandteil des Herstellungsprozesses von Spiralspannstiften.

Die Wärmebehandlung ist einer der kritischsten Prozesse bei der Herstellung von Federstiften, da sie sich direkt auf die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Baugruppe auswirkt, für die der Stift verwendet wird. Scheinbar geringfügige Schwankungen in Zeit (Minuten) und Temperatur ($\pm 10^{\circ}\text{F}$ ($\pm -12^{\circ}\text{C}$)) können einen drastischen Einfluss auf die Qualität eines Federstifts haben. Aus diesem Grund ist es von entscheidender Bedeutung, dass Hersteller von Verbindungselementen über effektive Kontrollmaßnahmen verfügen.



KOHLENSTOFFSTAHL IM VERGLEICH ZU LEGIERUNGSSTAHL

Spiralspannstifte aus Kohlenstoffstahl müssen innerhalb weniger Sekunden auf Umgebungstemperatur abgeschreckt werden, um eine hohe martensitische Zusammensetzung zu erreichen. Im Gegensatz dazu erlaubt der Legierungsstahl eine viel längere Abschreckzeit (~1 Minute), um eine hohe martensitische Struktur zu erreichen. Die Abschreckzeit wird nachteilig davon beeinflusst, wenn der Federstift größer ist und mehr Masse hat. Insbesondere die Außenfläche der Stifte wird eine hohe martensitische Struktur erreichen, aber die Innenfläche der Stifte nicht. Spiralspannstifte mit Durchmessern von $\varnothing 0.500''$ / $\varnothing 12\text{mm}$ (oder weniger) können schnell genug abgeschreckt werden, um einen Kohlenstoffstahl zu verwenden. Spiralspannstifte mit größeren Durchmessern erfordern jedoch die Verwendung von Legierungsstahl, damit die Gesamtheit des Stifts die Möglichkeit hat, eine optimale martensitische Struktur zu erreichen.

AUSWIRKUNG IM FELD - INEFFEKTIVE WÄRMEBEHANDLUNG

Statische Anwendungen

Wenn ein Spiralspannstift nicht das gewünschte metallurgische Gefüge erreicht, besteht die Gefahr, dass der Stift nach der Einwirkung von Belastungen im Feld versagt. Dies kann sich in Form von Biegung oder Abscheren bemerkbar machen.

SCHLUSSFOLGERUNG

Konstrukteure sollten Spiralspannstifte aus Kohlenstoffstahl und Legierungsstahl als ungefähr gleichwertig betrachten, wenn sie den Katalog eines Herstellers von Federstiften durchsehen. Vorsicht ist jedoch bei Federstiften mit großem Durchmesser ($>\varnothing 0.500''$ / $\varnothing 12\text{mm}$) aus Kohlenstoffstahl geboten, da diese mechanische Risiken mit sich bringen. Die Wärmebehandlung ist einer der kritischsten Schritte bei der Herstellung von Federstiften, daher wird empfohlen, dass die Hersteller von Verbindungselementen die Wärmebehandlung im eigenen Haus durchführen, um die volle Kontrolle zu haben. Obwohl dieser Artikel allgemeine Konstruktionsrichtlinien beinhaltet, wird empfohlen, Anwendungingenieure zu konsultieren, die auf die Konstruktion und Herstellung von Spiralspannstiften spezialisiert sind, um sicherzustellen, dass das richtige Material für jede bestimmte Baugruppe ausgewählt wird.

Dynamische Anwendungen

Wenn ein Spiralspannstift nicht das gewünschte metallurgische Gefüge erreicht, wird die Ermüdungslebensdauer des Stiftes beeinträchtigt. Dies schränkt die Anzahl der Zyklen ein, denen der Stift im Feld standhalten kann und reduziert die funktionsfähige Lebensdauer der Baugruppe.