

Einfluss der Restwelligkeit auf die Hartchromabscheidung

Andreas Mühle, Helmut Horsthemke, Enthone Langenfeld

1 Einleitung

Die meisten Verfahrensanleitungen für galvanotechnische Prozesse schreiben eine Restwelligkeit von maximal fünf Prozent vor. Am Markt finden zunehmend Thyristor oder Schaltnetzteile Verwendung. Besonders im Teillastbereich weisen diese Gleichrichtertypen ohne zusätzliche Glättungseinrichtungen sehr hohe Restwelligkeiten von deutlich über 20 Prozent auf. Der Anspruch des Verfahrenslieferanten und die Realität in der Produktion sind in Einzelfällen weit voneinander entfernt. Diese Dokumentation soll Aufschluss darüber geben, mit welchen Auswirkungen durch Restwelligkeit bei der Hartverchromung zu rechnen ist und welche Werte vertreten werden können. Gemessen wurden Stromausbeute, Risszahl und Härte bei der Abscheidung aus *Ankor*[®] 1127. Der Prozess steht allgemein für Hartchrom als der am weitesten verbreitete industrielle Elektrolyt in Europa. Die Ergebnisse sind jedoch grundsätzlich auch auf konventionelle oder fluoridhaltige Elektrolyte übertragbar, wie punktuelle Untersuchungen ergaben.

2 Restwelligkeitsmessung

Restwelligkeit definiert sich als prozentualer Anteil der Wechselstromspannung (AC) an der Gleichstromspannung (DC) einer Gleichstromquelle. Zur Ermittlung der Restwelligkeit muss mit einem so genannten *Echt-Effektiv*-Messgerät die AC- und DC-Spannung ermittelt werden. Alte Zeigerinstrumente sind geeignet, simple Digitalgeräte versagen zumeist oder schalten automatisch auf AC um. Die Messung muss unter Last (während des Betriebs bei gleicher Stromstärke) erfolgen, da die Restwelligkeit sehr stark von der Auslastung des Gleichrichters abhängig ist. Angaben der Restwelligkeit müssen sich immer auf eine Stromstärke oder Auslastung des Gleichrichters beziehen (*Abb. 1*).

$$\text{Restwelligkeit [\%]} = U_{AC} [\text{V}] \cdot 100 / U_{DC} [\text{V}]$$

Beispiel: Ein 1000-A-Gleichrichter wird bei 500 A auf Restwelligkeit geprüft. Bei 8 V Gleichspannung

werden 0,4 V Wechselspannung angezeigt, die Restwelligkeit beträgt fünf Prozent bei 50 Prozent Gleichrichterauslastung.

Restwelligkeitsangaben der Gleichrichterhersteller beziehen sich gewöhnlich auf ohmsche Lasten, während Messungen in der Praxis bei Verfahrensablauf

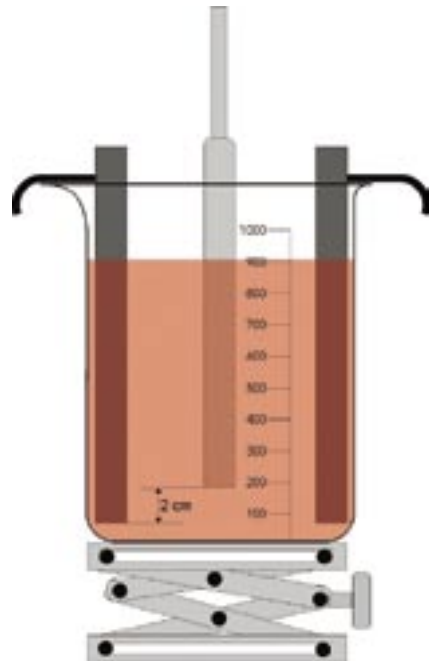


Abb. 1: Versuchsaufbau

die elektrische Kapazität des Elektrolyten mit erfassen und geringere Messwerte ergeben als bei rein ohmschen Widerständen. Der Elektrolyt wirkt als elektrischer Kondensator und glättet teilweise die Restwelligkeit. Alle Angaben in diesem Bericht sind nominale Werte. Werte in Klammern geben die Effektiv-Werte an, die mit einem Echt-Effektiv-Spannungsmessgerät ermittelt wurden.

3 Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungsbedingungen des durchgeführten Versuchs nach *Abbildung 1* werden in *Tabelle 1* beschrieben.

4 Auswertung

Die Ergebnisse bei null und fünf Prozent Restwelligkeit für Stromausbeute, Risszahl und Härte unterscheiden sich nicht. Bei 20 Prozent Restwelligkeit sinkt die Stromausbeute von 24,5 auf 21,9 Prozent (*Abb. 2*). Etwa 20 Prozent weniger Risse werden ausgebildet, während sich bei der Härte noch kein Abfall zeigt.

Bei 50 Prozent Restwelligkeit zeigt sich bei allen drei Eigenschaften ein Minimum. Die Stromausbeute halbiert sich fast gegenüber dem Ausgangs-

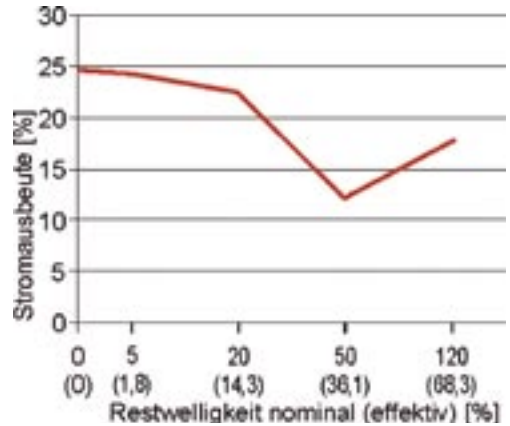


Abb. 2: Einfluss der Restwelligkeit auf die Stromausbeute und damit auf die Abscheidegeschwindigkeit

wert. Risse werden nicht mehr ausgebildet (*Abb. 3*), die Härte beträgt $950 \text{ HV}_{0,1}$, etwa 100 unterhalb des Ausgangswerts (*Abb. 4*).

Bei 120 Prozent Restwelligkeit steigen Stromausbeute, Risszahl und Härte wieder an, verbleiben aber unter dem Ausgangsniveau. Das Aussehen der Chromschicht bei 120 Prozent Restwelligkeit

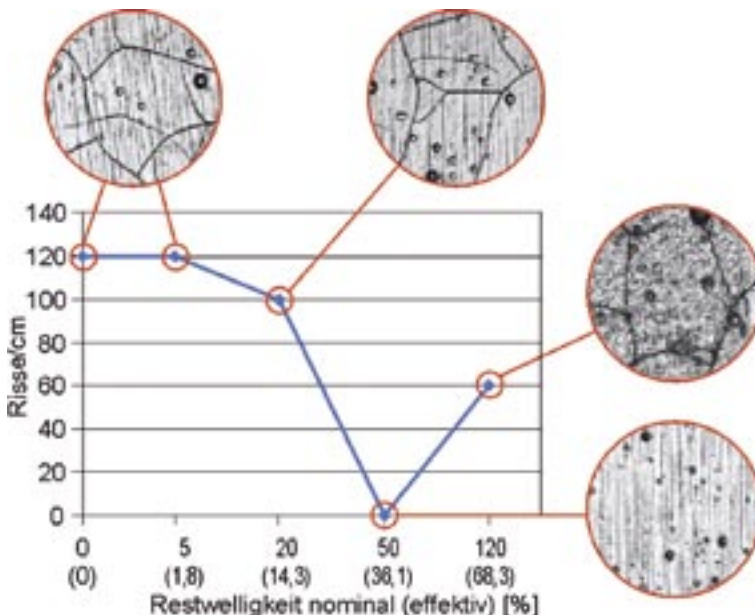


Abb. 3: Einfluss der Restwelligkeit auf die Rissbildung

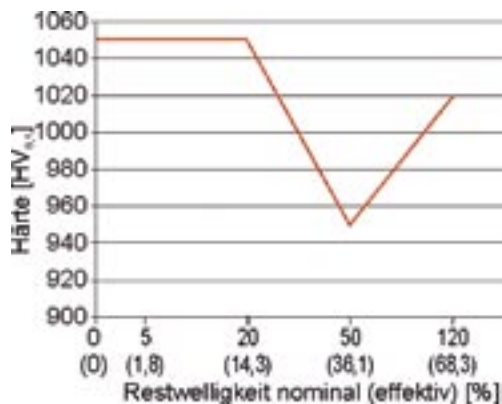


Abb. 4: Einfluss der Restwelligkeit auf die Härte

ist mattgrau, alle anderen Schichten sind glänzend (Abb. 5).

5 Schlussfolgerung

Mit Blick auf die untersuchten Eigenschaften der Chromschicht, wären Restwelligkeiten von bis zu 20 Prozent nominal in den meisten Anwendungen vertretbar. Ob 20 Prozent Restwelligkeit wirtschaftlich vertretbar sind, entscheiden der Mehraufwand an elektrischer Energie und die Produktivität durch Verlangsamung der Abscheidung. Bei nominal 20 Prozent Restwelligkeit oder 14,3 Prozent effektiv, werden zehn Prozent weniger Chrom abgeschieden, entsprechend zehn Prozent mehr Energieaufwand

und zehn Prozent Anlagenkapazitätsverlust. Eventuelle negative Auswirkungen auf die Metallverteilung und Deckfähigkeit erfasst diese Untersuchung nicht. Die alte Forderung nach Gleichrichtern mit maximal fünf Prozent Restwelligkeit ist somit für Hartchrom durchaus begründet. Höhere Restwelligkeiten sind im Bezug auf Schichteigenschaften bis 20 Prozent vertretbar, aber vermutlich unwirtschaftlich.

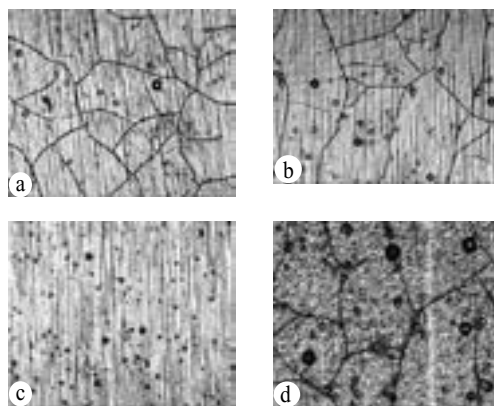


Abb. 5: Erscheinungsbilder der Chromschicht bei verschiedenen Restwelligkeiten: a – Restwelligkeit 0 % und 5 %, 120 R/cm, 1050 HV_{0,1}, glänzend; b – Restwelligkeit 20 %, 100 R/cm, 1050 HV_{0,1}, glänzend; c – Restwelligkeit 50 %, rissfrei, 950 HV_{0,1}, glänzend; d – Restwelligkeit 120 %, 60 R/cm, 1020 HV_{0,1}, matt

Tab. 1: Untersuchungsbedingungen zum Versuchsaufbau nach Abbildung 1

Untersuchungsbedingungen	
Elektrolyt	Ankor® 1127
Temperatur	55 °C
Stromdichte	50 A/dm ²
Expositionszeit	30 Minuten bzw. mindestens 30 µm Schichtdicke, Erfassung der Ah durch geeichten Amperestundenzähler
Stromquelle	Sonderanfertigung der Firma Munk mit einstellbarer Restwelligkeit auf nominal 0, 5, 20, 50 und 120 %, Leistung max. 20 A
Prüfkörper	Stahlkolben CK 45 induktiv gehärtet, 8 mm Durchmesser, Verchromungslänge 78 mm, entsprechend 0,2 dm ² Fläche, Rz kleiner 1 µm, elektrolytisch entfettet
Stromausbeute	Bestimmung gravimetrisch durch Auswiegen vor und nach Beschichtung
Risszahl	Auszählen der Risszahl an der Oberfläche nach Anätzen durch coulometrisches Ablösen von 1,5 µm; Mittelwert aus drei Messungen
Härtebestimmung	Vickers Kleinlasthärte nach DIN an Kolbestangen mit mindestens 30 µm Cr

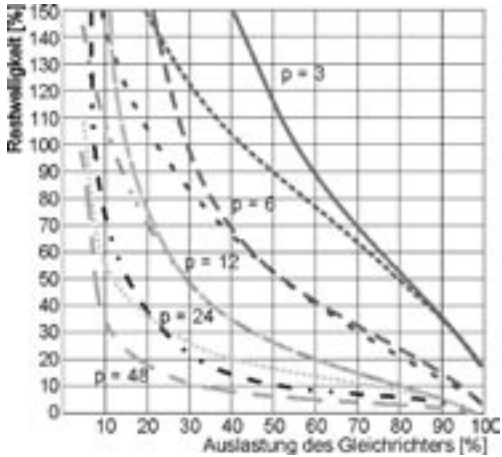


Abb. 6: Welligkeit symmetrisch gesteuerter Stromrichterschaltungen bei unterschiedlicher Auslastung

6 Anhang

Abbildung 6 (Quelle: Firma Munk) zeigt die Welligkeit symmetrisch gesteuerter Stromrichterschaltungen als Funktion der Auslastung. Dabei steht p für die Pulszahl der Gleichrichterschaltung bei einem Thyristorgleichrichter ohne Glättung mit 6-pulsiger Gleichrichterschaltung. In Tabelle 2 ist der Zusammenhang zwischen Aussteuerung und Restwelligkeit für einen Gleichrichter mit 10 V Nennspannung dargestellt.

Hinweis

Die Dokumentation des Einflusses der Restwelligkeit auf Stromausbeute, Rissigkeit und Härte wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Munk in Hamm untersucht. Die Versuchsdurchführung erfolgte in den Enthone Labors Langenfeld mit speziell angefertigten Gleichrichtern definierter Restwelligkeit der Firma Munk

Tab. 2: Restwelligkeit bei verschiedenen Werten an Aussteuerung und Ausgangsspannung

Aussteuerung	Ausgangssp.	Restwelligkeit
100 %	10 V	± 5 %
90 %	9 V	15 %
80 %	8 V	20 %
70 %	7 V	30 %
60 %	6 V	40 %
50 %	5 V	50 %
40 %	4 V	70 %
30 %	3 V	95 %
20 %	2 V	150 %
10 %	1 V	∞