

Mechanische Schwingungen
Anforderungen an die Auswuchtgüte starrer Rotoren
 Bestimmung der zulässigen Restunwucht
 Identisch mit ISO 1940-1 : 1986

DIN
ISO 1940
 Teil 1

Mechanical vibration; Balance quality requirements of rigid rotors; Determination of permissible residual unbalance; Identical with ISO 1940-1 : 1986

Vibrations mécaniques; Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage des rotors rigides; Détermination du balourd résiduel admissible; Identique à ISO 1940-1 : 1986

Die Internationale Norm ISO 1940-1, 1. Ausgabe, 1986-09-01, „Mechanical vibration — Balance quality requirements of rigid rotors — Part 1: Determination of permissible residual unbalance“, ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

Diese Übersetzung ist im Gemeinschaftsausschuß NALS/VDI C 6 „Auswuchten und Auswuchtmaschinen“ ausgearbeitet worden.

Diese Norm ersetzt die Richtlinie VDI 2060 „Beurteilungsmaßstäbe für den Auswuchtzustand rotierender starrer Körper“.

Der Index per für englisch permissible ist in der Übersetzung durchgängig mit zul für zulässig wiedergegeben.

Teil 2 der Internationalen Norm ISO 1940 über die Behandlung der Meßabweichungen beim Auswuchten starrer Rotoren ist von der International Organization for Standardization (ISO) als internationaler Norm-Entwurf ISO/DIS 1940-2 : 1993 veröffentlicht worden.

Die in Abschnitt 3.5 erwähnte Internationale Norm über die Benutzung von Paßfedern beim Auswuchten ist inzwischen als

ISO 8821 : 1989 Mechanical vibration; Balancing; Shaft and fitment key convention erschienen. Sie liegt auch als Deutsche Norm DIN ISO 8821 vor.

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Deutsche Übersetzung

Mechanische Schwingungen

Anforderungen an die Auswuchtgüte starrer Rotoren

Bestimmung der zulässigen Restunwucht

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitglieds Körperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitglieds Körperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Entwürfe zu Internationalen Normen werden den Mitglieds Körperschaften zunächst zur Annahme vorgelegt, bevor sie vom Rat der ISO als Internationale Normen bestätigt werden. Sie werden nach den Verfahrensregeln der ISO angenommen, wenn mindestens 75% der abstimmenden Mitglieds Körperschaften zugestimmt haben.

Die Internationale Norm ISO 1940-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration and shock“ erarbeitet.

Mit diesem Teil von ISO 1940 entfällt ein Teil von ISO 1940 : 1973, für die dieser Teil eine geringfügige Überarbeitung darstellt.

Anwender sollten beachten, daß Internationale Normen von Zeit zu Zeit einer Überarbeitung unterzogen werden und daß sich jede hier genannte Verweisung auf andere Internationale Normen auf die jeweils neueste Fassung bezieht, soweit nicht anders angegeben.

0 Einleitung

Auswuchten ist ein Arbeitsverfahren mit dem Bestreben, die Massenverteilung eines rotierenden Körpers derart zu verbessern, daß der Körper in seiner Lagerung ohne die Wirkung von freien Fliehkräften umläuft. Natürlich kann dieses Ziel nur bis zu gewissen Grenzen erreicht werden; es bleiben also nach dem Auswuchten im Rotor Restunwuchten übrig.

Mit den heute verfügbaren Meßgeräten können Unwuchten auf sehr kleine Werte reduziert werden. Andererseits wäre es unwirtschaftlich, die Anforderungen an die Auswuchtgüte zu übertreiben. Es ergab sich daher die Notwendigkeit herauszufinden, bis zu welchem Grad die Unwucht reduziert werden sollte und wo der beste wirtschaftliche und technische Kompromiß hinsichtlich der Anforderungen an die Auswuchtgüte gefunden wird.

Es ist nicht ohne weiteres möglich, von den vorhandenen Empfehlungen hinsichtlich der Beurteilung der Schwingstärke von Maschinen auf die zulässigen Restunwuchten zu schließen. Denn es besteht oft keine leicht erkennbare Beziehung zwischen den Unwuchten im Rotor und den Schwingungen der Maschine im Betriebszustand. Die Amplitude der umlauffrequenten Schwingungen wird beeinflusst von den Eigenschaften des Rotors, der Maschine, der Struktur und der Fundamente, ebenso wie von der Nähe der Betriebsdrehzahl zu möglichen Resonanzfrequenzen usw. Schließlich gehen die Maschinenschwingungen möglicherweise nur zum Teil auf die Unwucht im Rotor zurück.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von ISO 1940 gibt Empfehlungen für die Bestimmung der Unwucht und für die Festlegung zuge-

höriger Anforderungen an die Auswuchtgüte starrer Rotoren; im einzelnen werden behandelt:

- a) Darstellung des Wuchtzustandes in einer oder zwei Ebenen;
- b) Verfahren zur Bestimmung der zulässigen Restunwucht;
- c) Verfahren zur Zuordnung der zulässigen Restunwucht zu den Ausgleichsebenen;
- d) Verfahren zur Ermittlung der Restunwucht in einem Rotor durch Messungen;
- e) eine Aufzählung von Meßabweichungen, die bei der Bestimmung der Restunwucht zu berücksichtigen sind.

In Tabelle 1 und in Bild 2 werden Empfehlungen gegeben, die auf weltweiter Erfahrung hinsichtlich der Anforderungen an die Auswuchtgüte starrer Rotoren basieren und die sich jeweils ihrem Typ, ihrer Masse und ihrer höchsten Betriebsdrehzahl zuordnen lassen.

Dieser Teil von ISO 1940 hat auch den Zweck, die Verständigung zwischen Hersteller und Benutzer von Maschinen zu erleichtern. Die Terminologie, die in diesem Teil von ISO 1940 festgelegt wird, kann zur Ausarbeitung von technischen Spezifikationen benutzt werden. (Begriffe siehe ISO 1925.)

Eine Detailbetrachtung der Meßabweichungen bei der Bestimmung der Restunwucht ist nicht in diesem Teil von ISO 1940 enthalten (ISO 1940-2 wird diese Meßabweichungen behandeln). Der vorliegende Teil von ISO 1940 definiert auch nicht die zulässigen Restunwuchten in elastischen Rotoren; diese werden in ISO 5343 behandelt. Die Verfahren der Auswuchttechnik werden nicht beschrieben.

Die empfohlenen Auswuchtgütestufen sind nicht als Abnahmefestlegung für bestimmte Rotorgruppen gedacht.

Sie geben vielmehr einen Anhalt, um grobe Mängel ebenso zu vermeiden wie übertriebene und nicht realisierbare Forderungen. Darüber hinaus können sie als Basis für eingehendere Untersuchungen dienen, z.B. wenn in speziellen Fällen die erforderliche Auswuchtgüte im Labor oder im Betriebszustand genauer bestimmt werden muß. Werden die Richtwerte eingehalten, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß die erzielte Laufruhe befriedigt. Es mag jedoch Fälle geben, in denen Abweichungen von den Richtwerten notwendig werden, z.B. wegen ungewöhnlichem Aufbau oder ungewöhnlicher Gestaltung.

2 Verweisungen auf andere Normen

ISO 1925	Balancing — Vocabulary
ISO 2371	Field balancing equipment — Description and evaluation
ISO 2953	Balancing machines — Description and evaluation
ISO 5343	Criteria for evaluating flexible rotor balance
ISO 5406	The mechanical balancing of flexible rotors

3 Wesentliche Gesichtspunkte zum Auswuchtproblem

3.1 Darstellung des Wuchtzustandes

Ein und derselbe Wuchtzustand eines starren Rotors kann auf verschiedene Weise durch vektorielle Größen dargestellt werden, wie in den Bildern 1a) bis 1f) gezeigt. Bei den meisten Rotoren werden die Unwuchten in zwei Ebenen gemessen, wie in den Bildern 1a) bis 1c) zu sehen. Der Unwuchtausgleich findet im allgemeinen auch in dieser Art statt.

Wenn z.B. die Darstellung nach Bild 1a) gewählt wird, müßten Unwuchtkorrekturen von $2,24 \text{ g} \cdot \text{mm}$ und $3,15 \text{ g} \cdot \text{mm}$ in Ebene I bzw. II durchgeführt werden, und zwar unter der entsprechenden Winkellage am Rotor. Der Vergleich der Bilder 1a) und 1c) zeigt, daß ein kleinerer Abstand zwischen den Ausgleichsebenen üblicherweise zu einer größeren Summe der Korrekturen führt und gleichzeitig die Winkeldifferenz zwischen den Vektoren vergrößert.

Wahlweise darf eine Darstellung ähnlich Bild 1d) benutzt werden. In diesem Fall werden Unwuchtkorrekturen in der Ebene der Unwuchtergebnisse und Korrekturen in den Ebenen I und II nötig.

Sollen die Auswirkungen von Unwuchten auf das Schwingungsverhalten einer kompletten Maschine untersucht werden, kann eventuell eine Unwuchtauflösung nach Bild 1e) nützlich sein. Darin ist mit S der Massenmittelpunkt des Rotors bezeichnet.

Die Darstellung nach Bild 1f) kann auch für manche Rotoren nützlich sein. Dabei wird die Unwuchtergebnisse in die Ebene des Unwuchtzentrums C gelegt. In diesem Fall ist die zugehörige Momentenunwucht ein Minimum, und die Vektoren des Unwuchtpears liegen in einer Ebene senkrecht zur Unwuchtergebnisse.

3.2 Unwuchtwirkungen

Unwuchten an einem rotierenden Körper verursachen nicht nur Kräfte auf die Lager und Fundamente, sondern auch Schwingungen der Maschine. Bei einer vorgegebenen Drehzahl sind beide Effekte im wesentlichen abhängig von den geometrischen Maßen und der Massenverteilung von Rotor und Maschine sowie von der dynamischen Steifigkeit der Lagerung und der Fundamentierung.

In vielen Fällen hat die statische Unwucht primäre Bedeutung vor der Momentenunwucht. Zwei gleichgerichtete Unwuchten in verschiedenen Ebenen stören meist mehr als zwei gleiche, einander entgegengerichtete.

Es gibt aber auch Fälle, in denen Momentenunwuchten besonders störend wirken, z.B. ein Rotor, bei dem der Abstand der Lager kleiner als der Abstand der Ausgleichsebenen ist. Dies kann bei einem Rotor mit fliegend angeordneten Scheiben an beiden Enden vorkommen. In diesem Fall kann die Lagerbelastung infolge des Unwuchtmomentes größer sein als die durch eine statische Unwucht.

3.3 Rotoren mit einer Ausgleichsebene

Bei scheibenförmigen Rotoren genügt das Auswuchten in einer Ebene, falls der Lagerabstand genügend groß ist und die Scheibe mit genügender Genauigkeit senkrecht auf der Drehachse steht. Ob diese Bedingungen erfüllt sind, muß von Fall zu Fall untersucht werden: Es wird an einer größeren Anzahl von Rotoren des betreffenden Typs nach einem Ein-Ebenen-Ausgleich in der vorgesehenen Ausgleichsebene die im ungünstigsten Fall zurückbleibende Momentenunwucht bestimmt und durch den Lagerabstand dividiert. Sind die so erhaltenen Unwuchten zulässig, so wird im allgemeinen eine Ein-Ebenen-Auswuchtung ausreichen.

3.4 Rotoren mit zwei Ausgleichsebenen

Ist die Bedingung nach Abschnitt 3.3 für einen starren scheibenförmigen Rotor nicht erfüllt, so werden zwei Ausgleichsebenen benötigt. Diese Art von Auswuchten heißt Zwei-Ebenen- („dynamisches“) Auswuchten im Gegensatz zum Ein-Ebenen- („statischen“) Auswuchten, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Für Ein-Ebenen-Auswuchten wird nur statisches Gleichgewicht in beliebiger Winkellage des Rotors gefordert. Für Zwei-Ebenen-Auswuchten muß der Rotor umlaufen, da sich sonst die verbleibende Momentenunwucht nicht bemerkbar macht.

Die zulässige Restunwucht in jeder der zwei Ausgleichsebenen ist abhängig von der Lage der Ausgleichsebenen und der Lager und auch vom Winkel zwischen den beiden Restunwuchten. In Abschnitt 6 sind drei Verfahren angegeben, wie die zulässige Restunwucht bestimmt werden kann. Verfahren für die Zuordnung der zulässigen Restunwucht auf die Ausgleichsebenen sind in Abschnitt 7 beschrieben.

3.5 Baugruppen

Rotoren können als nicht mehr zerlegbare Einzelteile oder als zusammengebaute Körper ausgewuchtet werden. Bei jedem Zusammenbau müssen nicht nur die Unwuchten der einzelnen Teile vektoriell addiert werden, sondern es müssen auch die Unwuchten, die durch Ungenauigkeiten der Montage verursacht werden, in Betracht gezogen werden. Besondere Aufmerksamkeit ist angebracht, wenn die Teile später in einer anderen Lage zueinander zusammengebaut werden, als sie in der Auswuchtmaschine zusammengebaut waren.

Wenn die Einhaltung der Unwuchttoleranz für eine Baugruppe nicht dadurch erreicht werden kann, daß jede Komponente separat ausgewuchtet wird, muß die Baugruppe als Ganzes ausgewuchtet werden.

Wenn die einzelnen Teile getrennt ausgewuchtet werden, ist es notwendig, sich von vornherein klarzuwerden, wie Verbindungselemente, z.B. Schrauben und Paßfedern, zu berücksichtigen sind. (Eine Internationale Norm über die Benutzung von Paßfedern beim Auswuchten ist in Vorbereitung.)¹⁾

¹⁾ Nationale Fußnote: Siehe nationales Vorwort