

T.B.G.

Hallenbadstraße Süd 8, A-5730 Mittersill
Tel.: +43 (0) 6562 45 65
Fax: +43 (0) 6562 45 65
Mobile: +43 (0) 664 7306 2648
Email: TBG_Gfrerrer@aon.at

TECHNISCHES BÜRO
FÜR MASCHINENBAU
ING. JOH. GFRERRER

Allg. beeid. und gerichtl. zertifiz.
Sachverständiger für Maschinen

GUTACHTEN

Betreff: **Lastaufnahmemittel Pick - Formschluss**

Auftraggeber: **SIHGA GmbH
Gewerbepark Klinreith 4, A-4694 Ohlsdorf b. Gmunden**

Ansprechpartner: **Herr Johann Gruber, Leitung Produktmanagement**

Mittersill, 21.06.2024

1. Grundlagen:

- 1.1 Der von Herrn Gruber mündlich erteilte Auftrag ein Gutachten über die Formschlüssigkeit der Lastaufnahmemittel Pick , Tragkraft 1.250 kg und Pick Max, Tragkraft 2.400 kg zu erstellen.
- 1.2 Die Betriebsanleitung für Lastaufnahmemittel Pick zu Zeichnungsnummer B-00223 Seite 3 bis 39 in gebundener Form (Beilage 1).
- 1.3 Der technische Bericht der technischen Versuchs- und Forschungsanstalt der Universität Innsbruck vom 05.10.2023 (Beilage 2).
- 1.4 Der Prüfbericht der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart vom 14.02.204 (Beilage 3).
- 1.5 Sonstige Angaben von Herrn Gruber: Die maximale Zugbelastung der Pick ist vom SV nicht zu beurteilen.
Das Gutachten wird für die Vorlage bei diversen Behörden, Verbänden wie z.B der AUVA in Österreich, der BG Bau in Deutschland benötigt.
Die maximal zulässige Belastung beim Pick 1 beträgt 12,5 kN und beim Pick Max 24 kN.
Das Bohrloch muss einen Durchmesser von 50+1,00 – 0,00 mm aufweisen.
Die Bohrlochtiefe beträgt beim Pick 70 mm und beim Pick Max 140 mm.

2. Der Begriff „ formschlüssige Verbindung“

Laut Wikipedia gibt es unterschiedliche Definitionen:

Definition 1¹:

Formschlüssige Verbindungen

Unter **formschlüssigen Verbindungen** versteht man einfache Verbindungen von Bauteilen durch Verbindungselemente wie beispielsweise **Stifte**, **Bolzen** oder **Passfedern**. Stifte dienen in ihren verschiedenen Bauformen zur festen Verbindung bzw. Zuordnung von Bauteilen. Bolzenverbindungen sind den Stiftverbindungen ähnlich, der wesentliche Unterschied besteht jedoch darin, dass eine Bolzenverbindung im Sinne eines Gelenkes Relativbewegungen zwischen den verbundenen Bauteilen zulässt. Passfedern und andere Sicherheitselemente sichern hingegen Maschinenelemente wie Bolzen oder Wälzlager gegen axiales Verschieben.

Unter Krafteinwirkung werden bei formschlüssigen Verbindungen die Wirkkräfte als Normalkräfte an den Wirkflächen an einen **Mitnehmerteil** übertragen. Die weitere Übertragung hingegen erfolgt dann durch **Schubkräfte**.

Merke

Eine Besonderheit der formschlüssigen Verbindungen ist, dass im Gegensatz zu anderen Verbindungsarten, die Verbindungselemente problemlos montiert und demontiert werden können.

Wie die anderen Verbindungsarten besitzen auch die formschlüssigen Verbindungen Vor- und Nachteile, die nachfolgend aufgelistet sind:

¹ <https://de.wikipedia.ingenieurkurse.de/maschinenelemente1/formschlüssigeverbindungen>¹
abgerufen am 19.06.24

Vorteile

- Die Verbindung ist lösbar.
- Es ist keine Vor- und Eigenspannung notwendig.
- Es liegt ein Freiheitsgrad vor, d. h. meistens eine axiale Verschieblichkeit.
- Die Verbindungselemente lassen sich fixieren.

Nachteile

- Die Verbindungen dieser Verbindungsarten sind größer.
- Aus fertigungstechnischer Sicht ist diese Verbindungsart (finanziell) aufwendig.
- Das vorliegende Spiel kann bei dynamischer Last zu Verschleiß führen.

Formschlüssige Verbindungen werden normalerweise nach Gestaltmerkmalen geordnet. Welche Verbindung letztlich ausgewählt wird, richtet sich in erster Linie nach dem Funktionskriterium. Aber auch weitere Gesichtspunkte müssen berücksichtigt werden wie beispielsweise:

Definition 2²:

Formschluss

Formschlüssige Verbindungen entstehen durch das Ineinandergreifen der Verbindungspartner.

So kann beispielsweise der Deckel nicht vom Topf seitlich wegrutschen, da beide am Rand ineinandergreifen. Andererseits kann ein runder Deckel auf dem Topf sitzend gedreht werden, denn gegen die Drehung wirkt kein Formschluss. Nach unten hat der Deckel einen Anschlag gegen den Topf. Das ist ein „halber Formschluss“, denn nach oben lässt er sich wegnehmen.

Ein Formschluss wirkt über „die geometrische Berührung zweier Wirkflächen“. Und „die Wirkkräfte werden als Normalkräfte an die Wirkflächen eines Mitnehmerteils übertragen“ (Flächenpressung und Hertzsche Pressung).

Typischerweise tritt beim Formschluss in der Verbindung ein gewisses fertigungsbedingtes Spiel auf.

Bei einer formschlüssigen Verbindung blockiert ein Verbindungspartner die Bewegung des anderen. Eine solche „Sperrung“ erfolgt mindestens in einer Richtung. Ist ein zweites Flächenpaar gegenüber angeordnet, ist auch die Gegenrichtung gesperrt (siehe Prinzip-Darstellung und vergleiche Spundung), wobei Schraubenverbindungen in der Regel sowohl form- als auch kraftschlüssig sind.

Zum Verbinden zweier Bleche durch Formschluss können diese am Rand miteinander gefälzt werden. Häufig wird auch ein drittes Element wie eine Schraube oder ein Niet verwendet, um die Teile zu verbinden.

Bei dünnen Blechen oder großen Kräften zwischen den Blechen in Richtung ihrer Ebenen besteht die Gefahr plastischer Verformung an den Lochrändern

² <https://de.wikipedia.org/wiki/Verbindungstechnik>, abgerufen am 19.06.24

der Bleche (Lochleibung) und der Scherung im Verbindungselement. Die Lochleibung kann entlastet werden, indem beispielsweise eine Schraube als Verbindungselement angezogen wird und die Bleche aufeinanderpresst, sodass die Reibung zwischen ihnen ein Verschieben der Bleche verhindert. Die Verbindung der Bleche durch die zwischen ihnen wirkende Reibung wird als *Reibschluss* oder *Kraftschluss* bezeichnet.

Beispiele mit Formschluss

lösbar:

- Nut-Feder-Verbindung
- Passfeder
- Reißverschluss
- Klettverschluss
- Schwalbenschwanzverbindung
- Verbindungsbeschlag
- Zahnkupplung
- Ineinandergreifende Verzahnungen, z. B. Zahnrad und Zahnstange

nicht lösbar:

- Durchsetzfügen
- Heißverstemmen

Für die Metallindustrie gilt die DIN 32711-1:2009 03

Z.B. Welle-Nabe-Verbindung - Polygonprofil P3G - Teil 1: Allgemeines und Geometrie

Beim Polygonprofil P3G handelt es sich um eine formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung. In der Norm werden Welle und Nabe behandelt. In diesem Teil werden Anwendungsmöglichkeit, Funktionseigenschaften, mathematische Grundlagen und die Normreihe beschrieben sowie Hinweise für die Tolerierung, die Fertigung und die Qualitätsprüfung gegeben.

Weitere Beispiele sind noch angeführt.

- Eine funktionierende formschlüssige Verbindung soll sicherstellen, dass im Lastfall Normalkräfte (Kräfte, die senkrecht auf die gegenüberliegenden Flächen der Teile wirken) zum Wirken kommen. **Hinsichtlich ihrer Lösbarkeit sind formschlüssige Verbindungen den lösbaren Verbindungen zuzuordnen.**

Für die weiterführende Untersuchung wird daher folgende Definition verwendet:

- Formschluss ist eine **Art der mechanischen Verbindung, bei der zwei oder mehr Teile aufgrund ihrer geometrischen Formen ineinandergreifen oder zusammenpassen**. Bei einer formschlüssigen Verbindung verhindert die Form der Teile eine relative Bewegung in mindestens einer Richtung.

3. Befundaufnahme am 12.06.2024:

Teilnehmer:

Herr Johann Gruber, Leitung Produktmanagement, Fa. SHIGA GmbH
Herr Ing. Johann Gfrerrer SV

Herr Gruber erklärte die unter Pkt.1 angegebenen Informationen und übergab die Unterlagen.

3.1 Die beiden Lastaufnahmemittel Pick Tragkraft 1.200 kg und Pick Max, Tragkraft 2.400 kg wurden vorgeführt und besprochen.

In **Beilage 4** ist eine Zusammenstellungszeichnung samt Teilebezeichnung.

Foto1 zeigt einen Pick

Foto 2 zeigt einen aufgeschnittenen Demopick.

Die Funktion des Picks wurde von Herrn Gruber wie folgt erklärt:

Durch das Gewicht des Bauteils (Zug auf den Pick) werden die vier Spreizkeile im Pick (Teil 7, Beilage 4) durch den Spreizkegel auseinander gedrückt und ins Holz eingedrückt (Foto 3, 4).

Die Spreizkeile weisen sägezahnartige spitze Rillen auf (keine Gewindeform). Die Zahnbrust hat einen Winkel von 90 ° zur Zugrichtung.

Die Spreizkeile lassen sich im Bauteil nicht verdrehen, da der Pick fix eingespannt ist und beim Verdrehen des Bauteils der Pick im oberen Bereich der Halbkugel (Teil 4 Beilage 4) drehbar ist.

Die Funktionsweise wurde auf einer hydraulischen Zugvorrichtung mit Messeinrichtung wie folgt vorgeführt:

Der Pick wurde in das vorbereitete Fichten-Holzdemostück von Hand eingelegt (Foto 5, 6). Bohrlochdurchmesser 50 mm, Bohrlochtiefe 70 mm.

Das Demoteil wurde in die Zugvorrichtung eingehängt (Foto 7). Die Messvorrichtung zeigte einen Wert von 0,02kN an (Foto 8).

In weiterer Folge wurde die Kraft gleichmäßig bis zum Bruch des Demostückes erhöht.

Bei einer Zugkraft von 6,43 kN sind deutliche Eindrücke der Verzahnung sichtbar (Foto 9, 10).

Bei einer Zugkraft von 20,16 kN brach das Demostück (Foto 11,12).

Die Spreizkeile des Picks drückten sich in das Holz stark ein, sodass die Zahnform im Holz deutlich sichtbar und eine formschlüssige Verbindung ergab (Foto 13).

4. Fakten für die Beurteilung eines Formschlusses:

- Der Pick lässt sich im Bauteil nicht verdrehen, da der Pick im Bereich der Halbkugel drehbar ist.
- Es gibt eine mechanische Verbindung zwischen dem Pick und dem Bauteil durch das Eindringen der vier Spreizkeile in den Bauteil.
- Die Spreizkeile haben sägezahnartige Rillen aber kein Gewinde.
- Durch das Eindringen der Spreizkeile in den Bauteil wird die relative Bewegung in einer Richtung zwischen dem Pick und dem Bauteil verhindert.

- Der Unterschied zwischen dem Pick und dem Pick Max besteht nur in der unterschiedlichen Bohrlochtiefe und dadurch die erhöhte Tragkraft. Die Funktion ist ansonst gleich.
- Im technischen Bericht der Universität Innsbruck (Beilage 2) wird in der Zusammenfassung ein Formschluss durch das Einpressen der scharf gezahnten Oberfläche der Klemmbacken festgestellt.
- Im Prüfbericht der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart vom 14.02.2024 (Beilage 3) wird ebenfalls in der Zusammenfassung ein Formschluss zwischen den Berührungsflächen des Lastaufnahmemittels und dem Holz festgestellt.

5. Beurteilung der Verbindung:

Auf Grund der unter Pkt. 4. Angeführten Fakten ist die Verbindung des Picks bzw. des Pick Max eine formschlüssige Verbindung.

Die zulässige Belastbarkeit bzw. eine kraftschlüssige Verbindung der beiden Picks war nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Die Angaben der Beilage 1 Betriebsanleitung für Lastaufnahmemittel müssen eingehalten werden.

Ing. Johann Gfrerrer
Sachverständiger



Anlage: Beilagen 1 bis 4
Fotoliste