Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Schubstangen

urn:nbn:de:bsz:31-270970

Schubstangen.

(Resultate Seite 81 bis 83, Tafel XXI. und XXIII.)

Die zur Verbindung eines hin- und hergehenden Kolbens oder eines oscillirenden Balanciers mit einer Kurbel dienenden Schubstangen werden meistens aus Schmiedeeisen, nur bei stärkeren Balancier-Dampfmaschinen aus Gusseisen angefertigt. Der Querschnitt einer solchen Stange wird bei Schmiedeeisen entweder kreisrund oder rechteckig, bei Gusseisen kreuzförmig gemacht. Die Enden der Stangen, die sogenannten Schubstangenköpfe erhalten Formen und Einrichtungen, die geeignet sind, die Zapfen anzufassen, ähnlich wie eine Hand einen Griff.

Nehmen wir zur Aufstellung einer Regel zur Bestimmung der Hauptdimensionen die in Fig. 1, Tafel XII. dargestellte einfachste Form an, die jedoch nur für Schmiedeeisen passend ist, und nennen wir d den Durchmesser eines Auges am Ende der Stange, l ihre Länge, d_1 den Durchmesser des mittleren kreisrunden Querschnittes, c die Länge der Augenhöhlung oder die Länge des Zapfens, welchen die Stange mit ihrem Auge anzufassen hat, $\mathfrak{S}$ die Spannungsintensität für den Zapfen, ε den Modulus der Elastizität des Materials, P die durch die Stange durch rückwirkende Festigkeit fortzupflanzende Kraft, $m P$ die Kraft, bei welcher die Stange in einen schwankenden Zustand gerathen würde, so können wir nun folgende Gleichungen aufstellen.

Für den Zapfen:

$$P \frac{c}{2} = \frac{\mathfrak{S} \pi}{32} d^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Für die Stange dagegen (wegen Gleichung (16) Seite 45):

$$m P = \frac{\varepsilon \pi^3}{64} \frac{d_1{}^4}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Durch Elimination von P folgt aus diesen Gleichungen:

$$\frac{d_1}{d} = \sqrt[4]{\frac{4 m \mathfrak{S}}{\varepsilon \pi^2} \frac{d}{c}} \sqrt[2]{\frac{l}{d}} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Da es etwas gewagt wäre, die Zahl m apriorisch zu bestimmen, so habe ich es vorgezogen, den ganzen Werth der vierten Wurzel durch die bei guten Schubstangenformen vorkommenden Abmessungen empirisch zu bestimmen, und habe gefunden, dass man nehmen muss:

$$\sqrt[4]{\frac{4\,m\,\mathfrak{S}}{\varepsilon\,\pi^2}\ \frac{d}{c}} = 0{\cdot}229 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Nun ist aber für schmiedeeiserne Zapfen

$$\mathfrak{S} = 210, \qquad \varepsilon = 1500000, \qquad \frac{d}{c} = \frac{2}{3}$$

und mit diesen Zahlen findet man:

$$m = \frac{1}{4}\,(0{\cdot}229)^4\,\frac{\varepsilon\,\pi^2}{\mathfrak{S}}\,\frac{c}{d} = 72$$

Die schmiedeeisernen Schubstangen sind also in der Wirklichkeit so construirt, dass sie erst bei einer 72-fachen Belastung in einen schwankenden Zustand kommen.

Versucht man den Gedanken zu verfolgen, dass der schwankende Zustand und der Zapfenbruch gleichzeitig eintreten sollten, so muss man in (3) $m = 1$, $\mathfrak{S} = 4000$ (Festigkeit des Schmiedeeisens in dickeren Stäben), $\varepsilon = 1500000, \frac{d}{c} = \frac{2}{3}$ setzen und findet dann:

$$\frac{d_1}{d} = 0{\cdot}16\,\sqrt[2]{\frac{1}{d}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Dieser Werth für die vierte Wurzel stimmt mit dem früher gefundenen, nämlich mit (4), nicht überein. Es ergibt sich demnach das Resultat, dass die schmiedeeisernen Schubstangen in der Wirklichkeit so gemacht werden, dass der Zapfenbruch früher eintritt, als der schwankende Zustand.

Wenn wir den Coeffizienten 0·229 nehmen, erhalten wir:

$$\frac{d_1}{d} = 0{\cdot}229\,\sqrt{\frac{l}{d}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Den numerischen Werth, welchen diese Formel liefert, findet man in den Resultaten Seite 82 in einer Tabelle zusammengestellt.

Will man statt eines runden Querschnittes einen viereckigen annehmen, so lässt sich dieser aus jenem leicht nach der Lehre von der Aequivalenz der Querschnitte bestimmen.

Ein kreisrunder und ein viereckiger Querschnitt sind nämlich in Bezug auf rückwirkende Festigkeit äquivalent, wenn man hat:

$$\frac{\varepsilon}{12}\,\pi^2\,\frac{a\,b^3}{l^2} = \frac{\varepsilon\,\pi^3}{64}\,\frac{d_1{}^4}{l^2}$$

Hieraus folgt:

$$\frac{b}{d_1} = \sqrt[4]{\frac{6\,\pi}{32}\left(\frac{b}{a}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Dabei ist b die kleinere, a die grössere von den Dimensionen des Rechteckes. Auch die numerischen Werthe dieser Formel findet man in den Resultaten Seite 82.

Man muss sich hüten, das Verhältniss $\frac{a}{b}$ zu gross anzunehmen, weil sonst die Dimensionen zu gross ausfallen. $\frac{a}{b}$ gleich 1 bis 1·5 gibt gute Abmessungen.

Für gusseiserne Schubstangen kann die in Fig. 4, 5, 6, Tafel XXIII. der Resultate dargestellte Form gewählt werden. Die untere Stelze ist etwas länger als die Kurbel und ihr Querschnitt ist an zwei parallelen Seiten flach, an den beiden anderen Seiten schwach gerundet. Der mittlere Theil ist im Längenprofil bauchig, im Querprofil kreuzförmig gehalten, das obere Ende ist gabelförmig mit Uebergangsformen.

Suchen wir nach der Methode der Verhältnisszahlen eine Regel zu finden, durch welche die Querschnittsdimensionen des mittleren Theiles der Stange bestimmt werden können.

Nennen wir l die ganze Länge der Stange, h die Höhe, b die Dicke der Nerve in der Mitte, d den Durchmesser des Kurbelzapfens, c die Länge desselben, P die Kraft, welche durch die Stange übertragen wird, so erhalten wir folgende Gleichungen:

1) Für die Zapfen:

$$P\,\frac{c}{2} = \frac{\mathfrak{S}\,\pi}{32}\,d^3 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

2) Für den mittleren Querschnitt der Stange, vermöge Seite 21 der Resultate:

$$m\,P = \varepsilon\,\pi^2\,E\,\frac{z}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Es ist aber hier zu setzen:

$$E = \frac{1}{6\,h}\left[h\,b^3 + b\,(h^3 - b^3)\right],\quad z = \frac{h}{2} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

und es bedeutet m P die Kraft, bei welcher die Stange in einen schwankenden Zustand gerathen würde. Da es sich jedoch nur um

Annäherungen handelt, darf man sich wohl erlauben in dem Ausdruck (10) $h b^3$ und b^4 gegen $b h^3$ zu vernachlässigen. Unter dieser Voraussetzung wird (9):

$$m P = \frac{\varepsilon}{12} \pi^2 \frac{b h^3}{l^2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (11)$$

Aus (8) und (11) findet man durch Elimination von P:

$$\frac{b}{h} = \frac{3}{4} \frac{m \mathfrak{S}}{\pi \varepsilon} \left(\frac{d}{c}\right) \left(\frac{l}{h}\right)^4 \left(\frac{d}{l}\right)^2 \quad \ldots \quad (12)$$

Schubstangenköpfe. Die Enden der Schubstangen (die Schubstangenköpfe) müssen so eingerichtet werden, dass sie zum sichern Anfassen eines Zapfens geeignet sind. Ein Schubstangenkopf ist daher im Wesentlichen ein an einem Stangenende angebrachtes Axenlager oder Axenhalter. In der Regel wird der Zapfen ähnlich wie bei den gewöhnlichen Zapfenlagern von zwei innen nach der Rundung des Zapfens halb-cylindrisch ausgedrehten, aussen ebenflächig geformten Schalen aus Messing oder Rothguss umfasst. Diese Schalen werden in den Stangenkopf eingelegt und durch Keilungen gegen den Zapfen gedrückt. Die Keile werden angetrieben, wenn sich die Schalen durch den Gebrauch ausgeschliffen haben und dann nicht mehr ringsum an den Zapfen anliegen. Wird die innere Schalenhälfte hinausgekeilt, so entsteht eine Verlängerung der Schubstange, indem dadurch der Mittelpunkt des Zapfens relativ gegen den Stangenkörper nach dem Ende desselben hinausrückt. Wird die äussere Schalenhälfte hereingekeilt, so entsteht eine Verkürzung der Schubstange. Versieht man den Stangenkopf mit zwei Keilungen, von denen die eine die innere Schalenhälfte hinaus, die andere die äussere Schalenhälfte einwärts treibt, so kann man durch diese Doppelkeilung bewirken, dass der Mittelpunkt des Zapfens seine relative Lage gegen den Stangenkörper nicht ändert, dass mithin weder eine Verlängerung noch eine Verkürzung der theoretischen Stangenlänge eintritt. In den meisten Fällen der Anwendung ist es von Wichtigkeit, dass durch die Wirkung der Keilungen die theoretische Stangenlänge (Abstand der Zapfenmittel) nicht geändert wird. Dies kann bewirkt werden, 1) indem man an dem einen Stangenkopf eine Keilung anbringt, welche die Stange verlängert, am andern Stangenkopf dagegen eine Keilung, welche die Stange verkürzt, oder 2) wenn man an jedem Stangenkopf eine Doppelkeilung anwendet. Das letztere Mittel wird nur selten angewendet, weil es complizirter und kostspieliger ist, als das erstere. Insbesondere für die Kupplungsstangen der Güterlokomotive ist die genaue Einhaltung der theoretischen Länge von Wichtigkeit, denn es entsteht sogleich ein heftiges Drängen oder Zerren, wenn die theoretische Länge einer solchen Kupplungsstange um eine Kleinigkeit länger oder kürzer ist, als die Axendistanz der durch die Stange zusammen gekuppelten Räder.

Anfertigung der Schubstangen. In den meisten Fällen werden die Schubstangen und ihre Kopfstücke aus Schmiedeeisen hergestellt. Bei grossen Balancier-Dampfmaschinen sind jedoch noch die schwerfälligen gusseisernen Schubstangen im Gebrauch. Bisweilen ist es, wenn auch nicht nothwenig, aber doch wünschenswerth, dass die Masse einer Schubstange möglichst klein ausfällt, und dann wird die Stange von Gussstahl hergestellt.

Die Anfertigung der schmiedeeisernen Schubstangen verursacht viele und kostspielige Arbeit. Zuerst werden die Stangen mit den Köpfen geschmiedet, ohne in den letzteren Oeffnungen anzubringen. Hierauf folgt die Bearbeitung der Stangenoberfläche vermittelst Feilmaschinen, Hobelmaschinen oder Drehbänken. Sodann wird auf dem Kopfe die Form der Oeffnung aufgerissen und werden durch den Kopf längs der Umfangsform der Oeffnung dicht neben einander Löcher gebohrt. Dann wird das Lochstück durch Hammerschläge ausgebrochen, worauf endlich auch die innere Fläche der Kopföffnung mit der Feile bearbeitet werden kann.

Die verschiedenen speziellen Anordnungen von Schubstangen werden in den Vorträgen durch Modelle und Zeichnungen erklärt; die Beschreibung derselben kann also hier unterlassen werden.

Balancier.

(Resultate Seite 83, Tafel XXIII.)

Balancier werden vorzugsweise bei grossen Dampfmaschinen angewendet. Dieselben werden aus Gusseisen, aus Eisenblech oder schmiedeeisernen Platten und Stangen hergestellt. Bis zu einem Gewicht von 200 Centnern kann Gusseisen gebraucht werden, über dieses Gewicht hinaus ist es rathsam, Blech oder Schmiedeeisen anzuwenden, denn so wie einmal die Ausdehnung und das Gewicht eines Balanciers eine gewisse Grenze erreicht, müssen in der Form mehrere Eingusslöcher angebracht werden, und dann ist man nie sicher, ob die durch diese Löcher eingegossenen Eisenmassen im Innern der Höhlung noch in einem vollkommen flüssigen Zustand zusammen treffen und ineinander fliessen, es entstehen daher leicht