

und die sehr störend und schädlich wirken können, wenn sie in den Teilen des Getriebes Resonanz finden.

Der Richtungswechsel läßt die Wälzkreislinie durch eine oft deutliche Kante *C*, Abb. 1881, an geschmierten Rädern durch einen Fettfaden hervortreten. Die Kopfkanten höhlen dadurch, daß sie verlängerte Aufradlinien beschreiben, die Gegenzahnfüße aus und arbeiten den in Abb. 1881 durch doppelte Strichelung hervorgehobenen Werkstoff weg. Die Zähne kommen in zwei Punkten *C* und *D* zum Anliegen und stoßen bei Verkleinerung der Achsentfernung, etwa beim Nachstellen der Lager, im Grunde auf, was zu sehr unruhigem Lauf, Kranzbrüchen oder Wellenverbiegungen führen kann. Die Kopfkante des Gegenrades unterliegt naturgemäß ebenfalls starker Abnutzung; als Folge tritt ein Zurückbiegen der Kopfflanke und eine Verminderung der Überdeckung ein.

K. Herstellung und Bearbeitung der Stirnräder.

An langsamlaufenden Rädern genügen gegossene, unbearbeitete Zahnflanken. Zur Herstellung der Gießformen benutzt man bei kleinen und mittleren, öfter ausgeführten Rädern vollständige Modelle oder solche von Radausschnitten, bei größeren und bei Einzelausführungen Zahnradformmaschinen, die das Modell oder die Schablone einer Zahnflücke mittels genauer Teilvorrichtungen von Teilung zu Teilung weiterschalten, vgl. Abb. 1883. Die Genauigkeit der Räder und der Verzahnungen hängt von verschiede-

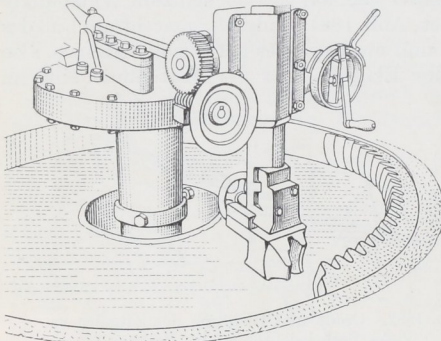


Abb. 1883. Zahnradformmaschine.

nen Umständen ab, von denen der Zustand der Modelle, die sich nicht selten verziehen oder abnutzen, die Sorgfalt des Formers beim Losklopfen und Herausziehen derselben, das Treiben der Formen und Schwinden und Verziehen der Gußstücke genannt seien. Gut bearbeitete Metallmodelle und Durchzugplatten, die den Sand beim Ausziehen des Modells zurückhalten und abstreifen, erhöhen die Genauigkeit, lohnen sich aber erst bei Herstellung größerer Mengen gleicher Räder.

Neben geringen Herstellungskosten ist die durch die harte Gußhaut widerstandsfähige Oberfläche ein wichtiger Vorteil un bearbeiteter Zähne. Die unvermeidlichen Fehler lassen ihre Anwendung jedoch nur in Fällen, wo keine sehr hohen Ansprüche gestellt werden und bei Umfangsgeschwindigkeiten bis zu etwa 2 m/sek ratsam erscheinen. Schon geringe Abweichungen von der richtigen Zahnform und der genauen Teilung rufen beträchtliche, mit dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit zunehmende Beschleunigungen und Verzögerungen der bewegten Massen hervor, die die Ursache des unruhigen und geräuschvollen Ganges sehr vieler Zahnradtriebe sind. [XXV, 13]. An einem Zahnradpaar mit je 20 Zähnen und 200 mm Teilkreisdurchmesser, also 10π Teilung führt z. B. der Ersatz evoltentischer Flanken durch Kreisbogen zu Fehlern, die unter $\frac{1}{10}$ mm bleiben, bedingt aber bei 2 m/sek Umfangsgeschwindigkeit oder 191 Umdrehungen in der Minute Beschleunigungen bis zu 2,4 und Verzögerungen bis zu 8,8 m/sek². Die Zahlen kennzeichnen die hohen Anforderungen, die an die Genauigkeit der Verzahnungen noch rascher laufender Zahnräder gestellt werden müssen, wenn auch die Elastizität der Zähne, die Schmierung, das gleichzeitige Eingreifen mehrerer Zähne bei großen Überdeckungen und gutes Einlaufen mildernd wirken. Durch die Einführung des elektrischen Antriebs der Bahnen, Hebezeuge und Werkzeugmaschinen, durch die Entwicklung des Kraftwagenbaus und die Anwendung von Zahnradern bei Dampfturbinen wurden die Anforderungen an die Genauigkeit der Verzahnungen außerordentlich gesteigert. Der Werkzeugmaschinenbau kam dem Bedürfnis durch die Ausbildung guter, kräftig gebauter