

Vřetenová čerpadla v pivovarství

663.441 663.4

Ing. HERBERT BAUERFEIND, NETSCH-MOHNOPUMPEN GMBH, Waldkraiburg.

Klíčová slova: *pivo, mladina, sladina, voda, doprava, výtlak, vřetenové čerpadlo, čerpadlo, čerpání, kvasnice, stažkové pivo*

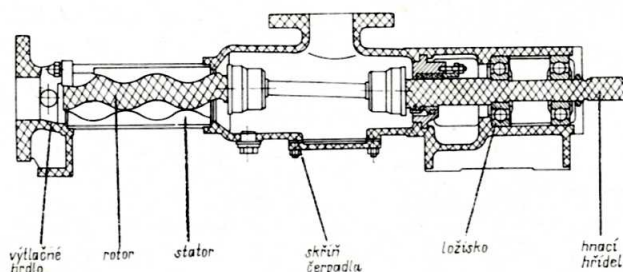
V početné rodině různých typů čerpadel, jako jsou např. odstředivá, pístová, s rotujícími písty apod., patří vřetenová čerpadla k nejmladším členům, i když plní v NSR už více než 30 let úspěšně nejrůznější dopravní úkoly. Nespisovný název, monočerpadla nebo monopumpy má původ v německém jazyku, kde připomíná jejich vynálezce Mohna.

Z hlediska všestrannosti využití zaujímají nepochybně mezi všemi známými typy čerpadel přední místo.

Spojují v sobě pozitivní vlastnosti jiných typů čerpadel: zajišťují např. obdobně jako odstředivá čerpadla téměř kontinuální tok v důsledku rotačního systému; jejich systém nevyžaduje funkčně nezbytných ventilů, které by zpomalovaly přepravní proud; stejně jako písto-

vá čerpadla se vyznačují vysokým samonasáváním, tj. podle vnějších podmínek až do 9 m nebo z vakua. Vřetenová čerpadla jsou také — obdobně jako čerpadla s rotujícími písty — schopna dopravovat média o mimořádně vysoké viskozitě — ve zvláštních případech až do 10^3 Pa.s. Rozsah kapalin, pro jejichž přepravu se vřetenová čerpadla hodí, je mimořádně široký a sahá od médií s konzistencí podobnou vodě (např. zkapalněných plynů) až k takovým, které pro vysoký obsah vláknitých nebo pevných částic už nemají schopnost téci nebo dokonce jsou vhodná pro přemísťování lopatou.

Vřetenové čerpadlo se skládá ze statoru a rotoru. Statory jsou převážně z elastomerů, rotory kovové (obr. 1).

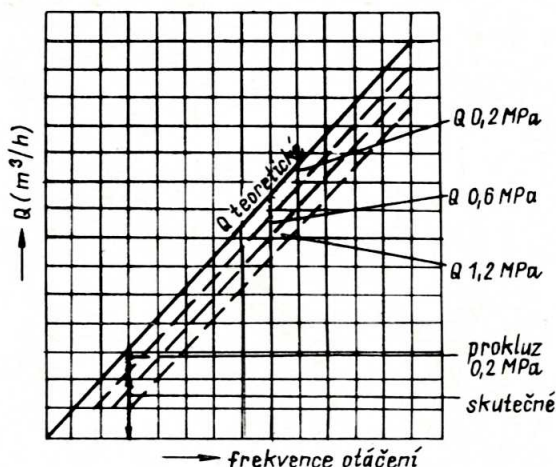


Obr. 1. Schéma vřetenového čerpadla

Všestranná využitelnost tohoto typu čerpadla se skládá nejen na jeho technickém principu, ale také na tom, že pro výrobu kovových částí je možno použít všech kovových materiálů a k výrobě ostatních částí je dnes již k dispozici tak široká paleta elastomerů, že se čerpadlo může přizpůsobit všem praktickým provozním podmínkám chemického nebo tepelného zatížení a namáhání.

Dopravní množství „ Q teoretické“ je přímka, neboť principu rotačního vytlačování, je na obr. 2 znázorněna jako přímka Q_t . Na svislé ose jsou vynesena přepravovaná množství „ Q “ a na vodorovné ose frekvence otáček rotoru.

Dopravní množství „ Q teoretické“, je přímka, neboť množství je přímo úměrné frekvenci otáček rotoru. Přímky odpovídající skutečně dopravovaným množstvím probíhají však níže, přičemž je vzdálenost jejich posunu



Obr. 2. Dopravní charakteristiky vřetenového čerpadla
 $Q_t = 4 \cdot e \cdot D_R \cdot H_s$

kde Q_t je teoretické dopravované množství při jedné otáčce,

e — excentricita rotoru,

D_R — průměr průřezu rotoru,

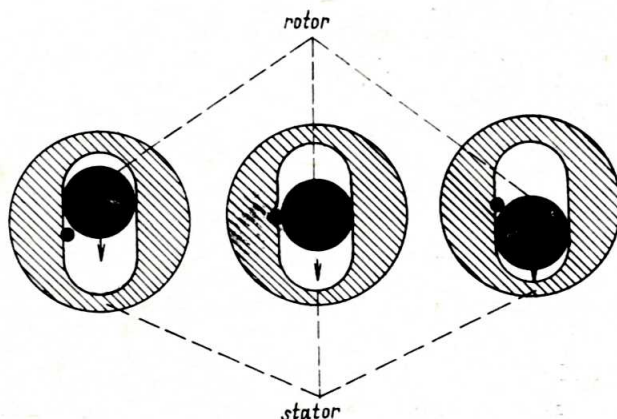
H_s — stoupání statoru, tj. 2krát stoupání rotoru

od teoretické přímky určena — a to především u vyšších tlaků — prokluzem.

Při konstantním tlaku se přímky Q přibližují přímce teoretického přepravovaného množství tím více, čím vyšší je viskozita média, nebo čím tvrdší, tj. nepoddajnější, je konstrukční materiál statoru.

Podstatná výhoda elastického statoru spočívá v tom, že umožňuje použít vřetenové čerpadlo také k dopravě médií obsahujících pevné a popř. i abrazivní částice. Tato částice, která se dostane mezi stator a rotor, který se ve statoru spirálovitě otáčí, se při doteku obou částí čerpadla vtlačí do statoru; ihned poté však elasticita materiálu statoru odpruží pevnou částici zpět do dopravního toku (obr. 3).

Z elasticity statoru, ze samotného principu vřetenového čerpadla, nevyužívajícího odstředivé síly, a z charakteristiky pohybu a toku (pohyb převážně v axiálním směru při malých radiálních cestách) vyplývají další výhody čerpadla — na jedné straně velmi šetrné působení na přepravované médium a na druhé straně vysoká odolnost těchto čerpadel proti opotřebení.



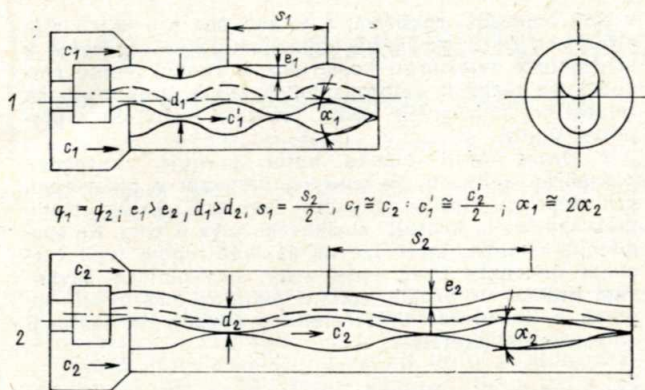
Obr. 3. Průchod částice státorem

Ze zkušeností s tímto typem čerpadla vyplývá řada doporučení a zásad pro jeho racionální použití. Při jejich správném dodržování se realizují výhody vřetenového čerpadla: všestrannost, aplikovatelnost i na neobtížnější média a vysoký stupeň účinnosti jeho práce, který může vykazovat velmi dobré hodnoty i u viskózních až kašovitých médií a dosahovat podle provozních podmínek až 75 %. K tomu je v první řadě třeba zvolit optimální vzájemné vztahy mezi průměrem rotoru, stoupáním statoru a excentricitou, tak aby stoupání spirály rotoru bylo mírné, aby zejména pro hustá média a média s hrubšími částicemi byl zajištěn co největší volný vstupní průměr mezi státorem a rotorem a aby průtočná rychlost byla co nejmenší, tj. přibližovala se co nejvíce rychlosti toku média ve vstupní komoře. Zachováním správných rozměrových relací se snižuje opotřebení, zabrání se snížení sací schopnosti; axiální tlak a s ním i namáhání kloubů a ložisek zůstávají nízké; minimalizuje se tím i nezbytná délka čerpadla, zejména délka vyložení a výztuže pro stator (obr. 4).

Dopravní výkon vřetenového čerpadla je při daných vnitřních dimenzích úměrný frekvenci otáčení rotoru.

Z této skutečnosti vyplývá velká přizpůsobivost vřetenového čerpadla průběhu procesů, protože se dopravní výkon může při použití pohonů dovolujících variabilitu otáček přizpůsobovat podmínkám procesů plynule, bez přepínání na jednotlivé stupně; může být také regulován automaticky. Proto se používá vřetenového čerpadla také jako dávkovací čerpadla, a to především pro dopravu těžko manipulovatelných nebo abrazivních médií.

Maximální tlak, který musí být překonáván, resp. dosahován, je určen počtem spirálových stoupání (závitů) rotoru a statoru (obr. 5). V zásadě je vřetenové čerpadlo v důsledku svého principu — vytlačovacího čerpadla



Obr. 4. Různé konstrukce délky rotoru

— schopno překonat jakýkoli tlak s jednou uzavřenou těsnicí komorou, tj. s jedním stupněm. Protože se stator většinou vyrábí z elastomeru (pružná hmota), je z praktických důvodů nutně omezen. Jednostupňové čerpadlo se používá až do tlaku 0,6 MPa, dvoustupňové čerpadlo, tj. čerpadlo se dvěma kompletními závitovými statory a čtyřmi kompletními závitovými rotory, do tlaku 1,2 MPa, analogicky čtyřstupňové čerpadlo do 2,4 MPa. Uvedené hodnoty tlaků jsou orientační a mohou být v jednotlivých případech stanoveny jinak, a to zejména se zřetelem k povaze dopravovaného média. Pro vyšší tlaky, např. až 7,2 MPa jsou k dispozici čerpadla až se 13 stupni (obr. 5).

Konstrukce vřetenového čerpadla je velmi jednoduchá (obr. 1).

Tato jednoduchá konstrukce s malým počtem pohyblivých částí kladí nepatrné nároky na údržbu a usnadňuje, resp. zlevňuje opravy. Ve spojení s ostatními výhodami vřetenového čerpadla, jako je vysoké samonasávání, použitelnost pro všechna média až po extrémně viskozity a vysokými podíly vláknitých nebo pevných částic, vhodnost pro všechny teploty až do 300 °C, šetrná manipulace s médiem, pozitivní rotační vytlačovací systém s téměř rovinným tokem média bez pulsací, přepravní výkon odvislý od počtu otáček, reverzibilní směr dopravy, schopnost překonávat tlaky až do 2,4 MPa i více, dosažení výkonů až 350 m³ · h⁻¹, možnost použít k výrobě čerpadla všech obvyklých materiálů a vyrábět je i jako vyhřívaná, chlazená nebo přenosná, teprve komplex všech konstrukčních a provozních výhod vysvětluje skutečnost, že si tato čerpadla našla cestu do nejrůznějších průmyslových odvětví a oborů.

Části skříně čerpadla, která se dostávají do styku s médiem, jako výtlačné hrdlo, skříně čerpadla a ucpávkové těleso, se vyrábějí ze šedé litiny, pogumované šedé litiny, z různých ušlechtilých ocelí až po slitiny s vy-

sokou odolností proti korozi. Rotující části, zahrnující klouby, spojnice a hnací hřídel, jsou z nerezavějící chromové oceli nebo rovněž z ušlechtilých ocelí až po Ni-Mo-slitiny. Rotory mohou být vyrobeny rovněž z vysoce odolných, tvrdých materiálů, tvrdě chromované, emailované nebo z jiných speciálních materiálů. Statory se dodávají z nejrůznějších elastomerů, jako je přírodní pryž, perbunan, neopren, etylen-propylen, hypalon, viton, butyl, měkký PVC; pro podmínky vyššího chemického a tepelného zatížení a namáhání se také vyrábějí statory z kovů nebo mechanicky opracovatelných plastických hmot jako je polypropylen, teflon nebo polyamid.

Tak jako části skříně čerpadla může být i stator temperován nebo chlazen. Hřídel, který může být ve zvláštních případech uložen v pouzdře — což je však vzhledem k normální nízké frekvenci otáčení nutné jen v extrémních případech — se utěsňuje buď normálním těsněním nebo jednoduchými, popř. dvojitými posuvnými těsnicími kroužky. Vřetenové čerpadlo vyhovuje všem instalačním podmínkám, nevyžadují zvláštní základy a mohou být použita také jako pojízdná nebo přenosná.

K nejrůznějším provedením vřetenových čerpadel vedla hlavně jejich všestranná aplikovatelnost na všechna média, která přicházejí v praxi v úvahu: postaráme-li se o to, aby se substrát dostal ke statoru a rotoru, může vřetenové čerpadlo přepravovat vše od substrátů s konzistencí obdobnou vodě až po substráty vyžadující manipulaci lopatou.

Vřetenové čerpadlo standardního provedení se používá na všechna média, která mají ještě schopnost téci. V pivovarech jsou to sladina, mladina, horké kaly, zředěné mláto, mokřý šrot, kvasnice atd.

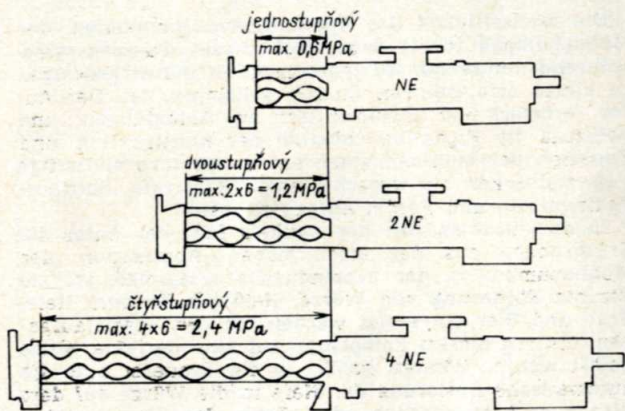
Čerpadla se stavějí také v zjednodušeném provedení, při němž se uložení pohonu využívá současně i pro čerpadlo. Tím se dosahuje značného omezení délky agregátu hlavně v přenosném nebo pojízdném provedení, používaném v pivovarsví např. k čerpání stažkového piva nebo odpadních kvasnic.

Aby se vyhovělo potravinářským předpisům a požadavkům, bylo jako modifikace standardního typu zavedeno tzv. rychločistitelné čerpadlo. Lze je bez zvláštního nářadí v nejkratší době rozebrat, vyčistit a znovu sestavit. Skříně čerpadla a rotující části z ušlechtilých ocelí se dodávají leštěné nebo jemně opracované, aby i v tomto směru vyhověly požadavkům potravinářského průmyslu. Toto čerpadlo se používá v potravinářském průmyslu k dopravě potravin nebo nápojů snadno podléhajících zkáze: v pivovarech se rychločistitelná čerpadla využívají pro dopravu nebo dávkování kvasnic o jakékoliv konzistenci.

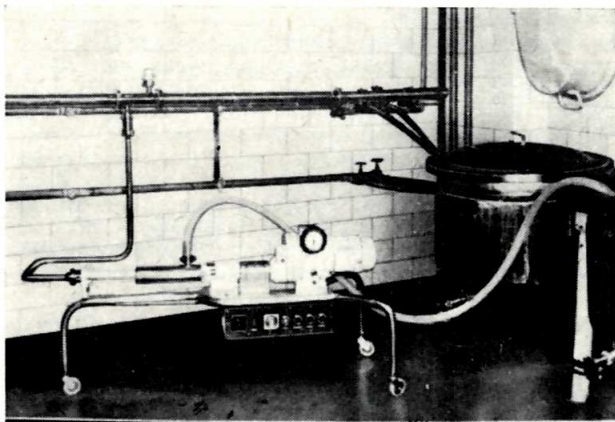
Zvláštním případem pivovarské aplikace vřetenového čerpadla je automatický dávkovač nasadních kvasnic. Zařízení je řízeno mladinou proudící do rozkvasné kádě nebo tanku a automaticky dává kvasnice do tekoucí mladiny (obr. 6). Tím se eliminují chyby a nedostatky, jímž se při ručním přidávání kvasnic nelze vyhnout. S automaticky pracujícím dávkovačem na základě vřetenového čerpadla se kvasnice dávkuje do spílané mladiny rovnoměrně a kontinuálně po celou dobu plnění rozkvasného tanku nebo kádě, kam se tedy dostává mladina už dokonale promísená s kvasnicemi.

Další osvědčenou aplikací vřetenového čerpadla v pivovarech je směšovač. Tento pojízdný nebo stacionární agregát se skládá ze dvou čerpadel s regulovatelným pohonem a s možností plynulého měnění výkonu každého z obou čerpadel nezávisle na druhém, ze dvou průtokoměrů a ze spojovacího potrubí v potravinářském provedení. Na rozdíl od jiných používaných směšovačů zůstává u tohoto agregátu směšovací poměr po celou dobu směšování prakticky konstantní, a to i při výkyvech a změnách v parametrech výšky přítoku a dopravy, k nimž v průběhu směšování nutně dochází.

Pro dopravu médií, která již nemají schopnost sama téci, ale ještě obsahují tekutiny, byla vyvinuta čerpadla, u nichž je vlastním dopravním orgánům, statoru a rotoru, předřazen v příslušně zvětšené skříně čerpadla integrovaný podávací šnek. V pivovarsví nachází tato modifikace vřetenového čerpadla uplatnění při hospo-



Obr. 5. Závislost výtlačku na počtu stupňů vřetenového čerpadla



Obr. 6. Vřetenové čerpadlo pro dávkování kvasnic

dárné dopravě nezředěného mláta nebo kalů z odstředivě uzavřeným potrubím, a to i na velmi dlouhé vzdálenosti.

Zvláštním aplikačním případem takového čerpadla je doprava a odměrování mláta, smíšeného s odpadní křemelinou, na zemědělská vozidla, přičemž je možno předem nastavit na pohonu čerpadla požadované množství odběru.

V provedení s přidavným lopatkovým dopravníkem umístěným vedle centricky běžícího příhrnovacího šneku se dosahuje dobrého plnicího výkonu šneku i u neobtížnějších médií a zabráňuje se vzniku hluchých prostorů nad šnekem (přemostování). Toto provedení je vhodné k dopravě mláta dodatečně zbaveného vody, dekantovaných kalů nebo odfiltrovaných odpadních kvasnic s křemelinou.

Další konstrukční variantou jsou vřetenová čerpadla ve vertikálním provedení, u nichž se dopravní elementy, umístěné na spodu ponorné trubice, ponořují do média. Používají se k dopravě substrátů, které v důsledku viskozity, teploty nebo chemických vlastností nemohou být nasávány a které se čerpají z hlouběji umístěných nádrží.

Pro laboratorní aplikace a zvláště nízké výkony jsou k dispozici miniagregáty s přepravním výkonem od několika litrů za hodinu.

Vedle rozdílných provedení vřetenových čerpadel, zajišťujících uspokojivé řešení nejrůznějších přepravních úkolů v pivovarské praxi, je třeba upozornit na dostupné konstrukční prvky, které umožňují další přizpůsobení agregátů požadavku optimálního provozu v nejrůznějších podmínkách. Jsou to zejména:

- zařízení k rozměňování a drcení hrubých pevných částic před vstupem do čerpadla,
- rotory z tenkostěnného materiálu, které vzhledem ke své malé hmotnosti zajišťují klidný chod, minimálně namáhající klouby a ložiska,
- zařízení k zábraně běhu čerpadla „na sucho“ a přetlaku,
- statory použitelné pro vyšší teploty médií a statory, které lze při případném opotřebení plynule doreglovat, čímž se zvyšuje hospodárnost; takové statory jsou prakticky nepostradatelné u přepravy mláta a médií obsahujících křemelinu.

Závěrem je nutno zdůraznit význam spolupráce uživatele s dodavatelem s rozsáhlými zkušenostmi a komplexním výrobním programem, zahrnujícím nejrůznější provedení, konstrukční detaily a materiálové kombinace. Taková spolupráce vytváří předpoklad technicky dokonalého, hospodárného a trvalého vyřešení dopravních problémů uživatele.

Přeložil Dr. J. Kurz

Bauerfeind, H.: Vřetenová čerpadla (Mohnopumps) v pivovaru. Kvas. prům. 32, 1986, č. 7—8, s. 161—164.

Vřetenová čerpadla doznala v posledních 30 letech

v NSR značného rozšíření, a to zejména pro jejich všestrannost. Autor probírá a dokumentuje na obrázcích a schématech zvláštnosti konstrukce a funkce těchto čerpadel, na nichž je založena jejich mnohostranná použitelnost pro nejrůznější média, provozní podmínky a přepravní úkoly.

V druhé části článku autor shrnuje zkušenosti z úspěšné aplikace vřetenových čerpadel v pivovarech pro dopravu sladiny, mladiny, hrubých kalů, mláta, mokrého šrotu, kvasnic, stažkového piva a piva. Ke speciálním úkolům, které lze na základě tohoto typu čerpadla dokonale řešit, patří např. automatické dávkování kvasnic do proudu spílané mladiny, směšování, doprava a dávkování směsi mláta s odpadní křemelinou do vozidel odběratelů aj.

Бауерфайнд, Г.: Шпиндельные насосы (Моно-насосы) в пивоварении. Квас. прум. 32, 1986, № 7—8, стр. 161—164.

Шпиндельные насосы за последних двадцать лет нашли в ГФР широкое применение, и то особенно из-за своих всесторонних свойств. Автор рассматривает и на схемах и на рисунках демонстрирует особенности конструкции и работы этих насосов, на которых основана их многосторонняя применимость для разных субстратов, производственных условий транспорта.

Во второй части статьи автор подытоживает опыт по применению шпиндельных насосов на пивоваренных заводах для транспорта сусла, охмеленного сусла, грубых мутей, дробины, дробин, дрожжей, пива. К специальным задачам, которые можно на основе этого насоса совершенно решить, относятся, напр. автоматическое дозирование дрожжей в поток сбраживаемого сусла, смешивание, транспорт и дозировки смеси дробины с отходной инфузорной землей в средства транспорта отбирателей и т. д.

Bauerfeind, H.: Mohnopumps in Brewing. Kvas. prům. 32, 1986, No. 7—8, pp. 161—164.

The Mohnopumps were significantly wide-spread in the industry of Federal Republic of Germany during last 30 years. The author discusses the peculiarities of a construction and a function of these pumps that permit their versatile utilization for a variety of substrates, operation conditions and pumping possibilities. The experiences from a successful application of mohnopumps in breweries for a transport of wort, hopped wort, rough sediments, spent grains, wet grist, yeasts and beer are summarized in the second part of the article. These pumps are very suitable for an automatic dosage of yeasts into the stream of hopped wort, mixing, transport and dosage of the mixture of spent grains with kieselguhr waste into tank cars etc.

Bauerfeind, H.: Mohnopumpen in Brauereien. Kvas. prům. 32, 1986, Nr. 7—8, S. 161—164.

Die Vielseitigkeit der Applikationsmöglichkeiten der Mohnopumpen führte dazu, daß dieses Pumpensystem während der letzten 30 Jahre in allen Industriezweigen zu einem erfolgreichen Einsatz gekommen ist. Der Autor erörtert und dokumentiert an Abbildungen und Schemata die Eigentümlichkeiten der Konstruktion und Funktion der Mohnopumpen, auf denen ihre vielseitige Verwendbarkeit für verschiedenste Substrate, Betriebsbedingungen und Förder-Aufgaben basiert.

In dem zweiten Teil des Artikels faßt der Autor die Erfahrungen aus der erfolgreichen Applikation der Mohnopumpen in der Brauindustrie zusammen, wo sie für die Förderung von Würze, Heißtrub, Treber, Hefe, Trub und Bier eingesetzt werden. Zu den Spezialaufgaben, die mit diesem Pumpentyp auf eine perfekte Weise gelöst werden können, gehört in der Brauerei z. B. die automatische Dosierung der Hefe in die Würze auf dem Weg zum Anstellbottich oder -Tank, das Verschneiden von zwei Bier-Chargen, das Fördern und Dosieren von Treber-Kieselgur-Gemisch auf die Fahrbeuge der landwirtschaftlichen Abnehmer u. a. m.