

# Řízení periodického zniče při svařování cukrovin

CONTROL OF VACUUM PAN WHEN BOILING MASSECUITES

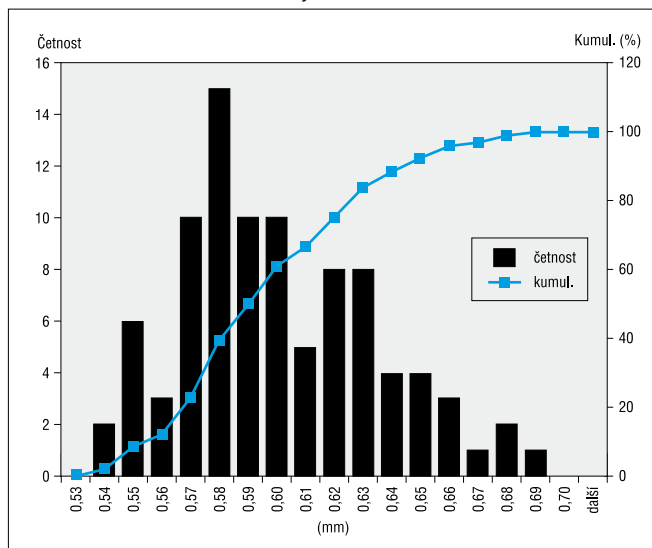
Miloš Kmínek, Pavel Kadlec – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
 Vladimír Ulrich – Tereos TTD, a. s.

## Technologie svařování cukrovin

Pro praktickou krystalizaci je důležitá především fáze růstu krystalů. Oblast přesycení, která je vhodná pro odpařovací i chladičí krystalizaci, se nazývá metastabilní oblast a je charakterizována tím, že v ní nedochází ke vzniku nových zárodků, ale pouze k růstu již existujících krystalů. Hranice metastabilní oblasti jsou ovlivněny především teplotou, čistotou roztoku a přítomností tuhé fáze, spodní hranice odpovídá nasycenému roztoku. Podle teorie krystalizačního procesu dochází postupně k transportu molekul sacharosu z roztoku k difuzní vrstvě v okolí krystalu, k difuzi molekul sacharosu difuzní vrstvou, k povrchové difuzi molekul na povrchu krystalu a zařazení do krystalové mřížky. Obecně lze říci, že jak difuze tak i připojení molekul do krystalové mřížky spolu souvisejí a nelze je při studiu krystalizace od sebe oddělit. Rozhodující roli však v procesu krystalizace hraje především difuze (1).

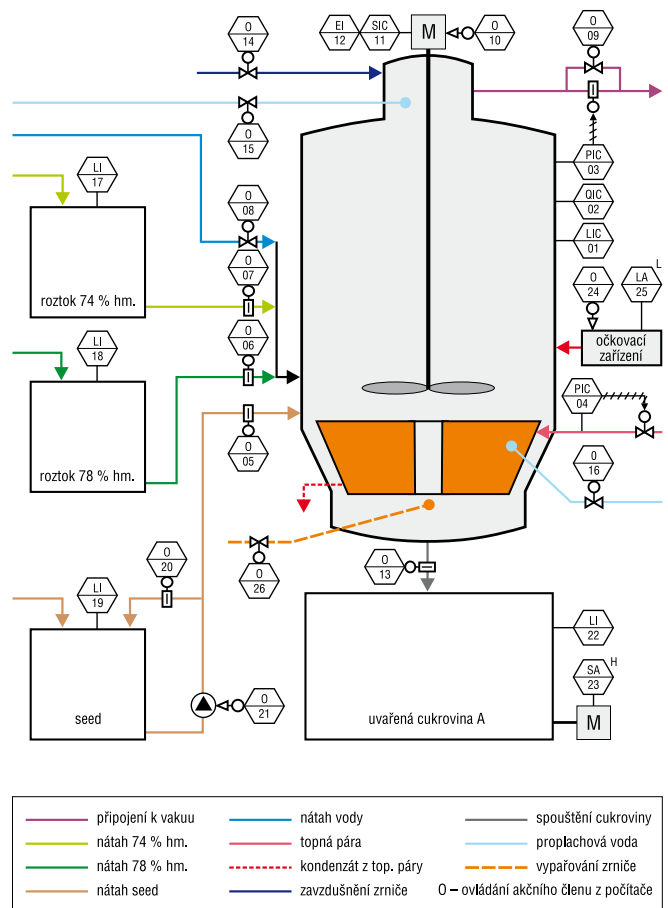
Svařování může probíhat v periodických nebo kontinuálních zničích. Zatím převažuje svařování v periodických zničích s přirozenou nebo nucenou cirkulací cukroviny. Nucený pohyb zlepšuje styk krystalů se sirobem, podporuje růst krystalů a dokonalejší vycukernění sirobů a podstatně zlepšuje přestup tepla do cukroviny. Svařování cukrovin v periodickém zniči je proces sestávající z několika fází podle zvoleného technologického postupu. Nejnáročnější a nejcitlivější operací celého svařování je vytváření zrna. K tomu se používá buď mikroočko (suspenze částic cukru o velikosti 1–10  $\mu\text{m}$  v ethanolu nebo

Obr. 1. Příklad dosažených středních hodnot velikosti krystalů při svařování A cukroviny se seedem



propanolu), nebo se pracuje s předem připravenou cukrovinou s očkovacími zárodky (tzv. *seed*) o zrnitosti krystalů 0,3 mm, která se připraví svařováním v samostatném zniči. Jeden uvařený *seed* slouží jako základ pro více varů. Tento *seed* se natáhne do zniče jako základ varu (v průměru asi 27 % celkového množství cukroviny). Doba čerpání základu varu do zniče je relativně krátká (5 min) z celkové doby varu 125 min. Umožňuje to výkonné čerpadlo s měnitelným výkonem, které pracuje nepřetržitě s nízkým výkonem, aby cukrovina (*seed*) v potrubí byla v trvalém pohybu a nezatuhla. Po dobu natahování *seedu* do zniče se zvýší výkon čerpadla na maximum. Po natažení se pokračuje v řízení varu běžným způsobem, kdy se do zniče v průběhu svařování postupně přitahuje další svařovaný cukerný roztok podle průběhu koeficientu přesycení. Z technologického i z ekonomického hlediska je svařování s očkovacími zárodky

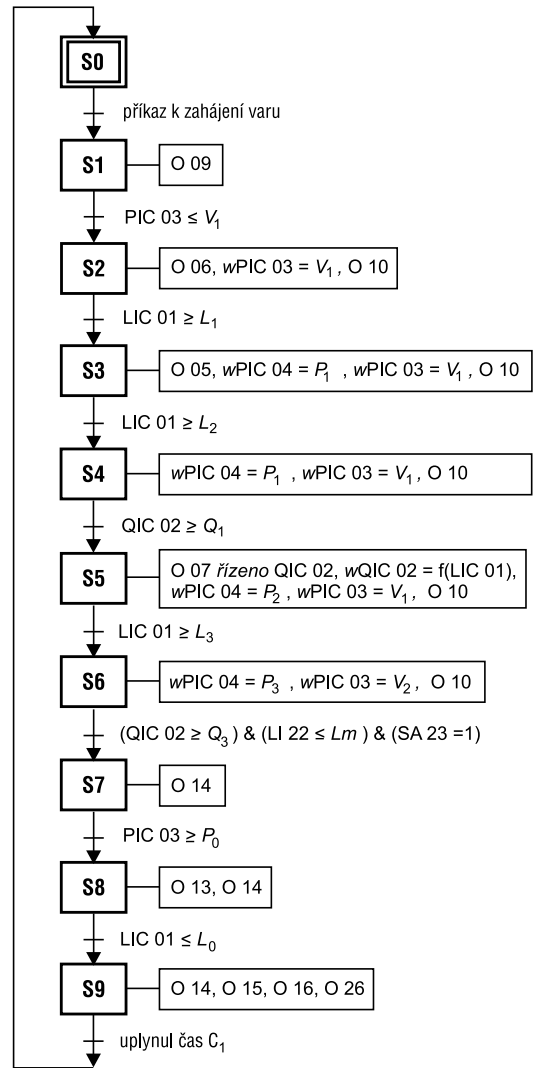
Obr. 2. Schéma zniče na produkt A s vyznačenými okruhy MaR



Obr. 3. Fotografie zniče z varny cukrovaru Dobrovice společnosti Tereos TTD; ve výřezu videokamera (foto M. Kmínek)



Obr. 4. Sekvenční diagram řízení varu se seedem



výhodné, neboť se projeví ve zlepšení granulometrie uvařeného krystalu, a tím přispěje ke zlepšení práce na odstředivkách, dále v úspoře páry při zkrácené době varu a ve zjednodušení schématu práce na varně. Příklad dosažených středních hodnot velikosti krystalů při svařování A cukroviny se *seedem* je znázorněn na obr. 1. (2).

Svařování a následující zpracování cukrovin probíhá na varně, jejíž zařízení je umístěno v několika podlažích nad sebou. V nejvyšším podlaží varny jsou umístěny nádrže na siroby a zniče, v nichž probíhá vlastní svařování cukrovin, v nižším podlaží jsou mísidla neboli krystalizátory (refrižeranty), do nichž se uvařená cukrovina ze zniče vypouští, a ještě níže jsou odstředivky. K varně patří i barometrická kondenzace, která slouží jednak k úplné kondenzaci brýdových par ze zničů a z posledního tělesa odparky, jednak k vytváření potřebného podtlaku pro svařování cukrovin.

Cukrovina vypuštěná ze zničů je v krystalizátorech homogenizována s mísícím sirobem a za stálého míchání dále krystaluje při postupném ochlazení. Doba ošetření cukroviny v krystalizátorech závisí na čistotě zpracovávané cukroviny. U první cukroviny trvá 2–6 h, u posledních (zadinových) cukrovin však trvá 24–70 h v důsledku pomalé krystalizace zapříčiněné vysokou koncentrací přítomných necukrů a vysokou viskozitou matečného sirobu (1).

### Řízení svařování cukrovin

Pro potřeby řízení je výrobní cyklus jednoho varu rozdělen na několik základních sekvencí (stavů). Jejich počet je různý podle toho, zda se vaří s očkováním mikroočkem, nebo zda se vaří se *seedem*. Uvedeme jen svařování se *seedem*, protože svařování s mikroočkem je mnohem komplikovanější. Přehledně jsou základní stavy uvedeny v tab. I. (3).

Schéma zniče s potřebnými nádržemi a s vyznačenými okruhy měření a regulace je na obr. 2. Instrumentace zniče je univerzální a může sloužit jak pro var s očkováním mikroočkem, tak pro var se *seedem*. Ke svařování cukroviny se používají dva cukerné roztoky o různých koncentracích: méně koncentrovaný o sacharizaci 74 % hm. a koncentrovanější o sacharizaci 78 % hm.

Fotografie zniče je na obr. 3., hmotnost uvařeného cukroviny v zniči se pohybuje v desítkách tun. Kromě měřících přístrojů je znič vybaven řadou průzorů, kterými lze průběh varu vizuálně sledovat. Růst krystalů je snímán videokamerou s mikrooptikou a je přenášen do velínu varny jako důležitá průběžná informace o kvalitě procesu svařování.

Základními veličinami pro řízení varu jsou hladina cukroviny v zniči (LIC 01), hodnota přesycení (QIC 02), tlak (podtlak) v brýdovém prostoru zniče (PIC 03) a tlak páry v topné komoře zniče (PIC 04). Stěžejní veličinou je přesycení, které se měří

Tab. 1. Sekvence jednoho varu při svařování cukroviny se seedem

Stav	Název	Popis
S0	zrníč připraven	uzavřeny všechny vypouštěcí i napouštěcí ventily, uzavřen přívod páry, kontrola, zda je k dispozici dostatečné množství roztoků potřebných pro dokončení varu
S1	„napínání“ zrníče	připojení zrníče k podtlaku a kontrola těsnosti
S2	natahování základu	napouštění cukerného roztoku na základ varu
S3	natahování seedu	napouštění seedu
S4	příprava naváření	zahuštění na počáteční přesycení pro naváření
S5	naváření	regulace koeficientu přesycení, žádaná hodnota se mění lineárně podle výšky hladiny, akční veličinou je přítah cukerného roztoku
S6	vysoušení	odpařování přebytečné vody z cukroviny podle hodnoty koeficientu přesycení
S7	konec varu	zrušení podtlaku v zrníči, kontrola příslušného krystalizátoru (refrižerantu)
S8	spuštění cukroviny	vypuštění obsahu zrníče do příslušného krystalizátoru (refrižerantu)
S9	čištění zrníče	propláchnutí vodou a propaření vnitřku zrníče
Po ukončení stavu S9 přejde zrníč do stavu S0		

čidlem pracujícím na principu absorpce mikrovlnného záření. Přesycení je třeba udržovat na takové hodnotě, aby stávající krystaly rostly co nejrychleji, ale aby spontánně nevznikaly nové zárodky krystalů (nežádoucí „zaprášení“ varu).

Řízení je založeno na sekvenční logice a zjednodušený sekvenční diagram varu cukroviny A (hlavní produkt výroby) se *seedem* je na obr. 4. Zjednodušení spočívá v tom, že některé pomocné sekvence (např. kontroly dostatečných zásob roztoků, nouzové režimy, ruční potvrzování, podrobnosti řízení čerpání *seedu* do zrníče aj.) jsou vynechány.

*Seed* je směs krystalů s matečným sirobem a má tendenci tuhnout. Proto musí být neustále v pohybu. Nádrž na *seed* je opatřena míchadlem, které se nesmí zastavit. Nátaž *seedu* do zrníče je ovládán klapkou O 05 a čerpadlem O 21. Pokud je klapka O 05 uzavřená, mohlo by dojít k zatuhnutí *seedu* v potrubí, takže čerpadlo se nesmí zastavit, otevírá se klapka O 20 a *seed* se vrací do zásobní nádrže. Výkon čerpadla pro recirkulaci stačí malý, ale při čerpání *seedu* do zrníče se výrazně zvyšuje, aby se natahování co nejvíce urychlilo.

V sekvenčním diagramu řízení (obr. 4.) je použito označení sekvencí z tab. I. a označení obvodů měření a regulace z obr. 2. Hodnoty nastavitelných parametrů varu jsou v obr. 4. a 5. označeny obecně a mají následující význam:

- $V_0$  – atmosférický tlak (tlak v zavzdušněném zrníči),
- $V_1$  – tlak (podtlak) v zrníči během sekvencí S2 až S5,
- $V_2$  – tlak (podtlak) v zrníči během sekvence S6,
- $P_1$  – tlak topné páry během sekvencí S3 a S4,
- $P_2$  – tlak topné páry během sekvence S5,
- $P_3$  – tlak topné páry během sekvence S6,
- $L_0$  – hladina určující prázdný zrníč,
- $L_1$  – konečná hladina pro nátaž základu (S2),
- $L_2$  – konečná hladina pro nátaž seedu (S3),
- $L_3$  – konečná hladina pro naváření (S5),
- $Q_1$  – přesycení na začátku naváření (S5),
- $Q_2$  – přesycení na konci naváření (S5),
- $Q_3$  – přesycení na konci vysoušení (S6),
- $L_m$  – hladina reprezentující prázdné mísidlo.

Konkrétní hodnoty parametrů nastavuje buď obsluha zrníče, nebo technolog. V sekvenčním diagramu symboly v blocích připojených vpravo k jednotlivým sekvenčním znamenají aktivní výstupy řídicího systému,  $w$  před označením okruhu znamená žádanou hodnotu regulace. Konkrétně u sekvence S2 znamená O 06 otevřenou klapku nátahu základu do zrníče, O 10 spuštěné míchadlo v zrníči,  $uPIC\ 03 = V_1$  že běží regulátor tlaku v zrníči a jeho žádaná hodnota je  $V_1$ . Výrazy vpravo vedle svislých spojnic mezi sekvencemi vyznačují podmínky přechodu mezi sekvencemi. Konkrétně mezi S2 a S3 podmínka  $LIC\ 01 \geq L_1$  znamená, že se ze sekvence S2 přejde do sekvence S3, je-li hladina v zrníči větší nebo rovna hodnotě  $L_1$ . Během naváření se požadovaná hodnota přesycení mění podle výšky hladiny lineárně ( $uQIC\ 02 = f(LIC\ 01)$ ). Konkrétně se tato hodnota ( $wQ_N$ ) počítá:

$$wQ_N = Q_1 + (L - L_3) \cdot \frac{Q_2 - Q_1}{L_3 - L_2},$$

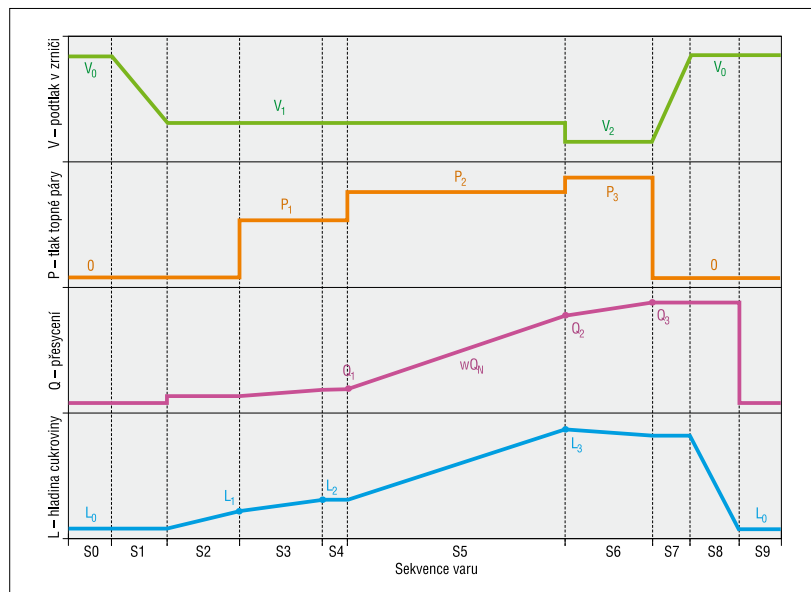
kde  $L$  je okamžitá změřená hodnota hladiny (LIC 01). Diagram průběhů žádaných hodnot základních veličin během varu je znázorněn na obr. 4.

Nastavením hodnot parametrů  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $Q_2$  a  $Q_3$  (a kvalitou *seedu*) je možné ovlivňovat množství a velikost krystalů cukru v uvařené cukrovině a tím i kvalitu produktu A jako konečného výrobku.

*Řízení varny v cukrovaru Dobrovice, Tereos TTD, a. s., realizovala firma ProjectSoft HK, a. s. (4).*

*Článek vychází z textu kapitoly 22.11 Řízení diskontinuálního zrníče při svařování cukrovin z knihy Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výrobcích (editoři Kadlec K., Kmínek M., Kadlec P. a kolektiv), která vyšla v nakladatelství Key Publishing Ostrava v roce 2015.*

Obr. 5. Diagram průběhů základních veličin během varu se seedem



### Souhrn

Článek je rozdělen do dvou kapitol. V první je stručně popsána technologie svařování cukrovin s očkovacími zárodky (tzv. *seed*). Druhá kapitola je věnována podrobnému popisu řízení svařování v periodickém zrníči, včetně schématu zrníče s vyznačením okruhů měření a řízení a sekvenčního diagramu řízení.

**Klíčová slova:** svařování cukrovin, seed, periodický zrníč, řízení.

### Literatura

1. KADLEC, P.: Technologie cukru. In KADLEC, P.; MELZUCH, K.; VOLDŘICH, M. (EDIT.) ET AL.: *Přehled tradičních potravinářských výrobníků*. Ostrava: Key Publishing, 2012, s. 429–448.
2. LANGROVÁ, P.: *Cukr a hodnocení jeho jakosti*. Bakalářská práce. Praha: ČZU, 2014.
3. KMÍNEK, M.; KADLEC, P.; ULŘICH, V.: Řízení diskontinuálního zrníče při svařování cukrovin. In KADLEC, K.; KMÍNEK, M.; KADLEC, P. (EDIT.) ET AL.: *Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výrobníků*. Ostrava: Key Publishing, 2015, s. 790–796.
4. ProjectSoft HK, a. s. – Projektová dokumentace, 2014.

### Kmínek M., Kadlec P., Ulrich V.: Control of Vacuum Pan when Boiling Masseccutes

The paper is divided into two chapters. The first chapter briefly describes the technology of boiling masseccutes with seed. The second chapter is devoted to a detailed description of control of masseccutes boiling in a periodic pan, including the pan scheme with circles of measurement and control and a sequential control diagram.

**Key words:** boiling masseccutes, seed, periodic pan, control.

### Kontaktní adresa – Contact address:

prof. Ing. Pavel Kadlec, DrSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav chemie sacharidů a cereálií, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika, e-mail: pavel.kadlec@vschr.cz

## CHISA 2015

62. národní konference chemického a procesního inženýrství CHISA se konala ve dnech 9. až 12. listopadu 2015, tentokrát nově v hotelu Jizerka u Sečské přehrady. I přes významně

změněnou koncepci konference a jinou lokalitu než tradiční, přijelo na setkání asi sto padesát účastníků, tedy více, než se zúčastnilo této konference před dvěma lety v Srní.

Vybrané názvy příspěvků, týkajících se technologie sacharidů a navazujících technologií, uvádíme.

### Přednášky:

- Gillarová S., Henke S., Bubník Z.: *Chromatografická separace polysacharidových hydrolyzátů obsahujících mannosu*,
- Gillarová S., Henke S., Pour V., Hinková A., Bubník Z., Kadlec P.: *Automatizované řízení membránové separace*,
- Šárka E., Kubová M., Smrčková P., Škorpilová T.: *Vliv přísady acetylovaného škrobu na vlastnosti cereálních extrudátů*,
- Chmelař J., Foglarová M., Vágnerová H., Velebný V.: *Příprava a charakterizace tenkých filmů z derivátů kyseliny hyaluronové*,
- Staf M., Hlinčík T.: *Použití přírodních vápenců z lomů v České republice v technologii vysokoteplotní sorpce oxidu uhlíkatého ze spalín*.



Zástupci ústavu sacharidů a cereálií VŠCHT Praha v sekci „Potravinářské technologie, potravinářské inženýrství“ (zleva prof. Bubník, Ing. Gillarová, Ing. Pour, Ing. Švec, doc. Šárka a Ing. Henke)