

CUKROVARNICKÁ TECHNOLOGIE – DÍL XXI.

Krystalizace cukru – varna cukrovaru, zrníče, svařování cukrovin (část 2.)

SUGAR TECHNOLOGY – PART XXI: SUGAR CRYSTALLIZATION – BOILING HOUSE, VACUUM PANS, MASSECUITE BOILING (2)

Zdeněk Bubník, Svatopluk Henke, Simona Gillarová, Pavel Kadlec, Evžen Šárka, Vladimír Pour
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Automatické svařování cukrovin

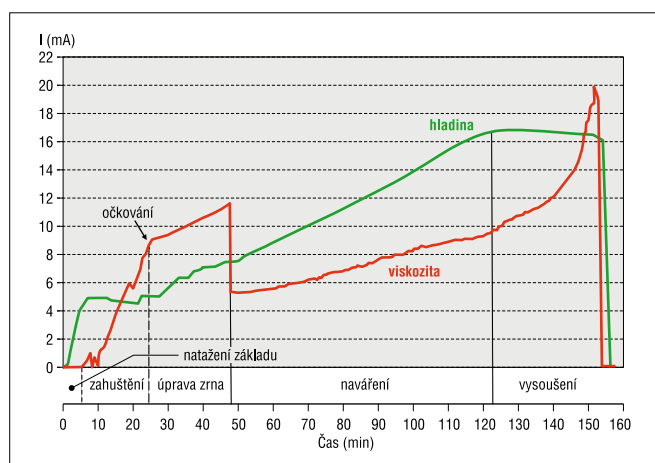
Rozhodující veličinou pro automatické řízení svařování cukrovin je koeficient přesycení matečného sirobu, pomocnou veličinou je obsah krystalů v cukrovině.

K nepřímému měření koeficientu přesycení lze použít tyto veličiny:

- a) hustotu, sacharizaci (velmi spolehlivý je např. mikrovlnný hustoměr, pracující na principu absorpce mikrovlnného záření),

- b) viskozitu (konzistenci) (obr. 12. a 13.),
c) měrnou elektrickou vodivost (obr. 14.),
d) zvýšení bodu varu,
e) příkon pohonu míchadla zrníče.

Obr. 12. Průběh viskozity a hladiny cukroviny v zrníči při svařování cukrovin



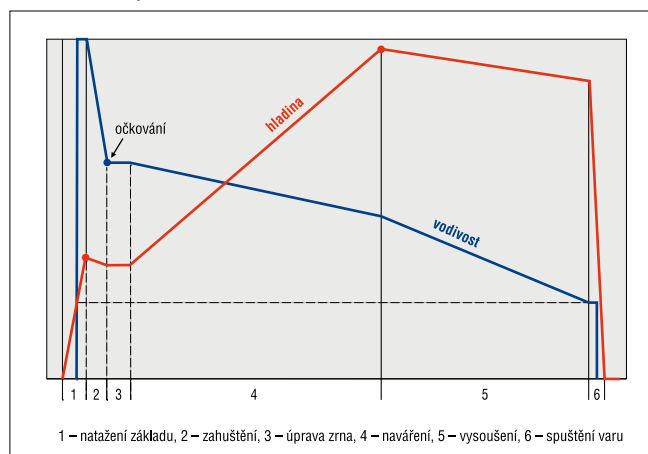
Obr. 13. Provozní viskozimetrické čidlo VUC Praha pro kontinuální snímání viskozity a konzistence technických cukerných roztoků a cukrovin v zrníčích



Jeden z nejvhodnějších způsobů nepřímého měření koeficientu přesycení je mikrovlnný hustoměr, pracující na principu absorpce mikrovlnného záření. Dalším z univerzálních způsobů je způsob viskozimetrický, vhodný při svařování všech druhů cukrovin. Určitá omezení má způsob konduktometrický, který je vhodný jen pro svařování cukrovin o čistotě nižší než 95 %. Průběh varu v zrníči řízeném pomocí viskozity je uveden na obr. 12. Provozní viskozimetrické čidlo na obr. 13. je určeno především pro kontinuální měření viskozity a konzistence technických cukerných roztoků a cukrovin v zrníčích. Údaj o viskozitě slouží ke stanovení přesycení technického cukerného roztoku, případně obsahu krystalické fáze pro potřeby automatizovaného systému řízení výroby cukrovin. Přístroj lze dále použít k měření konzistence zádělů pro afinaci, pro základy varů a cukrovin ve vyžrávacích linkách nebo pro měření viskozit i necukerných suspenzí.

Další z možností sledování a řízení průběhu svařování cukroviny v zrníči je využití vyhodnocovací metody zobrazovací analýzy (Image analysis) (obr. 15.). Tento způsob se vyznačuje rychlou zpětnou vazbou s možností včasného zásahu do procesu svařování.

Obr. 14. Průběh elektrické vodivosti a hladiny při svařování zadinových cukrovin



Tab. I. Sekvence jednoho varu při svařování cukroviny se seedem (4)

Stav	Název	Popis
S ₀	znič připraven	uzavřeny všechny vypouštěcí i napouštěcí ventily a přívod páry, kontrola, je-li k dispozici dostatek roztoků pro zabezpečení varu
S ₁	„napínání“ zniče	připojení zniče k podtlaku a kontrola těsnosti
S ₂	natahování základu	napouštění cukerného roztoku na základ varu
S ₃	natahování seedu	napouštění seedu
S ₄	příprava naváření	zahuštění na počáteční přesycení pro naváření
S ₅	naváření	regulace koeficientu přesycení, žádaná hodnota se mění lineárně podle výšky hladiny, akční veličinou je přítah cukerného roztoku
S ₆	vysoušení	odpařování přebytečné vody z cukroviny podle hodnoty koeficientu přesycení
S ₇	konec varu	zrušení podtlaku v zniči, kontrola mísidla
S ₈	spuštění cukroviny	vypuštění obsahu zniče do příslušného mísidla
S ₉	čištění zniče	propláchnutí vodou a propaření vnitřku zniče – po ukončení stavu S9 přejde znič do stavu S0

Pramen: KMIŇEK ET AL. (4)

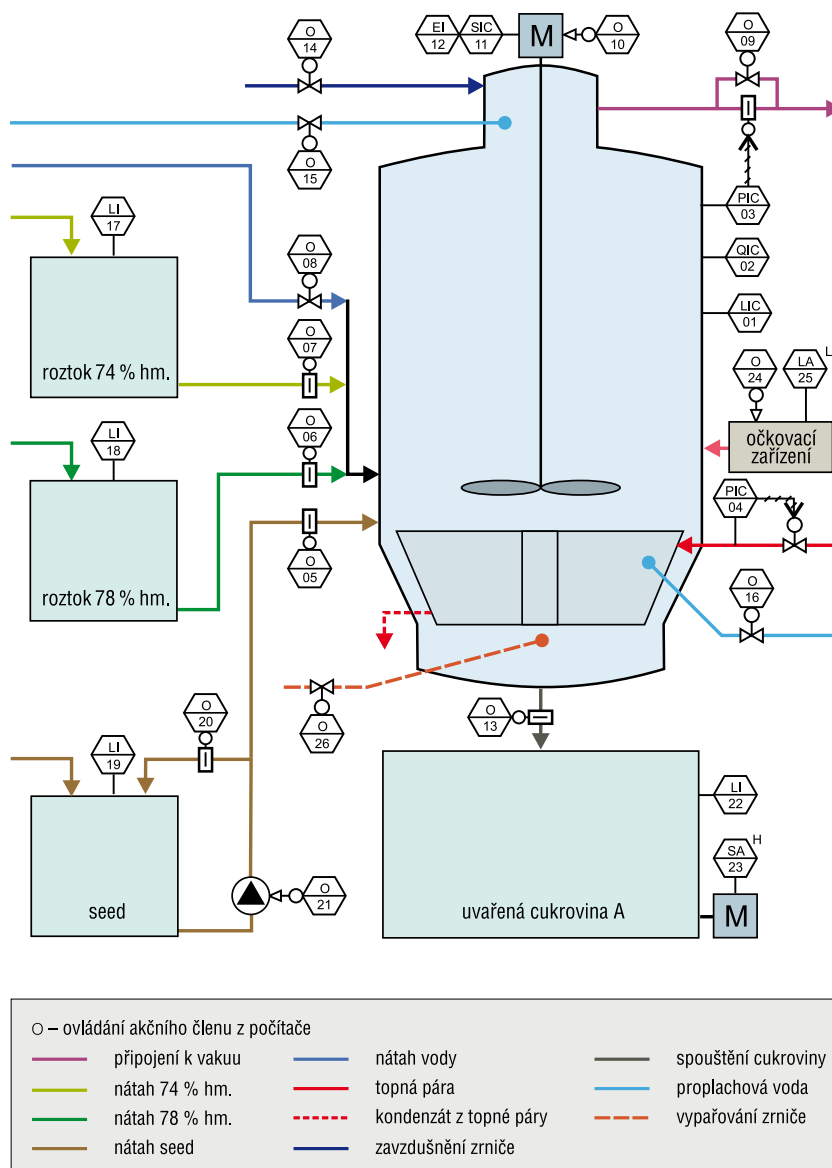
Příklad řízení periodického zniče při svařování cukrovin

Pro potřeby řízení lze rozdělit výrobní cyklus jednoho varu na několik základních sekvencí (stavů). Jejich počet je různý podle toho, zda se vaří s očkovaním mikroočkem, nebo s očkovacím záďelem, tzv. seedem. Jako příklad je zde uvedeno svařování se seedem, protože

Obr. 15. Sledování krystalizačního procesu v zničích v cukrovaru



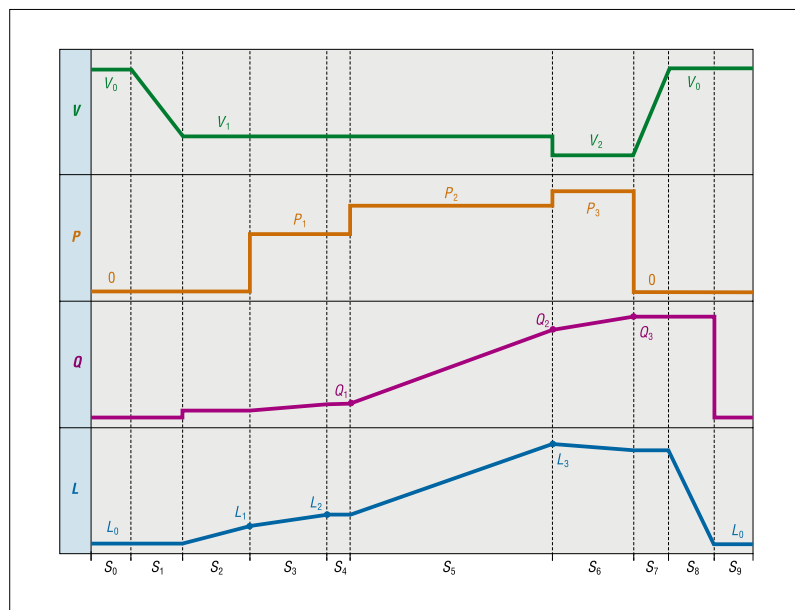
Obr. 16. Schéma zniče na produkt A s vyznačenými okruhy měření a regulace (4)



Obr. 17. Zrnič z varny cukrovaru Dobrovice, Tereos TTD, a. s., ve výřezu vlevo nahoře videokamera (foto M. Kmínek)



Obr. 18. Diagram průběhů základních veličin během varu se seedem; V – podtlak v zrniči, P – tlak topné páry, Q – přesycení, L – hladina cukroviny, S – sekvence varu (4)



svaření s mikroočkem je mnohem komplikovanější (4). Přehledně jsou základní stavy uvedeny v tab. I.

Schéma zrniče s potřebnými nádržemi a s vyznačenými okruhy měření a regulace je na obr. 16. Instrumentace zrniče 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 (sušině) 74 % a koncentrovanější o sacharizaci 78 %.

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 zrniče 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 zrniče se výrazně zvyšuje, aby se natahování co nejvíce urychlilo.

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

Fotografie zrniče je na obr. 17. Kromě měřicích přístrojů je zrnič vybaven řadou průzorů, kterými lze průběh varu vizuálně sledovat. Růst krystalů je snímán videokamerou s mikrooptikou a je přenášén do velínu varny jako důležitá průběžná informace o kvalitě procesu svařování.

Diagram průběhů žádaných hodnot základních veličin během varu je znázorněn na obr. 18. Hodnoty nastavitelných parametrů varu jsou v obrázku označeny obecně a mají následující význam:

- V_0 – atmosférický tlak (tlak v zavzdušněném zrniči),
- V_1 – tlak (podtlak) v zrniči během sekvencí S_2 až S_5 ,
- V_2 – tlak (podtlak) v zrniči během sekvence S_6 ,
- P_1 – tlak topné páry během sekvencí S_3 a S_4 ,
- P_2 – tlak topné páry během sekvence S_5 ,
- P_3 – tlak topné páry během sekvence S_6 ,
- L_0 – hladina určující prázdný zrnič,
- L_1 – konečná hladina pro nátaž základu (S_2),
- L_2 – konečná hladina pro nátaž seedu (S_3),
- L_3 – konečná hladina pro naváření (S_5),
- Q_1 – přesycení na začátku naváření (S_4),
- Q_2 – přesycení na konci naváření (S_5),
- Q_3 – přesycení na konci vysoušení (S_6),
- L_m – hladina reprezentující prázdné mísidlo.

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 cukrovaru v Dobrovinci společností Tereos TTD, a.s., realizovala firma ProjectSoft HK, a.s., (obr. 19.).

Regulace svařování cukrovin v zniči je spojena s návaznými regulačními obvody:

- barometrické kondenzace,
- ředění a ohřívání sirobů,
- hladiny sirobů v nádržích a příp. i další.

Při svařování cukrovin v zničích probíhají obdobné chemické reakce jako při odpařování šťávy na odparce. Dále se rozkládají amidy za vzniku amoniaku, snižuje se alkalita a rozkládá se sacharosa za vzniku barevných látek. Nejvíce barevných látek se tvoří při vaření, nejméně krystalizaci v mísidlech a chladičích. Při udržování vysoké konzistence cukroviny během svařování se snižuje její pohyblivost, vzrůstá délka kontaktu s teplosměnnou plochou a výrazně narůstá obsah barevných látek.

Literatura

1. BUBNÍK, Z.: *Základy krystalizace*. In BUBNÍK, Z. ET AL.: Nové směry v technologii cukru. Praha: VŠCHT Praha a VUC Praha, 2006.
2. GEBLER, J.: *Odstřeďování cukru*. In BUBNÍK, Z. ET AL.: Nové směry v technologii cukru. VŠCHT Praha a VUC Praha, 2006.
3. KADLEC, P. ET AL.: *Přednášky z Technologie cukru pro bakalářské a magisterské studium*. Praha: FPBT VŠCHT, 2022.
4. KMÍNEK, M.; KADLEC, P.; ULRICH, V.: *Řízení diskontinuálního zniče při svařování cukrovin*. In KADLEC, K.; KMÍNEK, M.; KADLEC, P. (ED.) ET AL.: Měření a řízení chemických, potravinářských a biotechnologických procesů. Díl II. Řízení technologických procesů. Ostrava: Key Publishing, 2017, ISBN 978-80-7418-285-3.
5. VAVRINECZ, G.: Formation and composition of beet molasses, I – the equation for solubility. *Sugar Technology Reviews*, 6, 1978 (2–3), s. 117–129.
6. DE BRUIJN, J. M.: Key performance indicators and set-points in sugar beet processing). *Sugar Ind.*, 146, 2021 (5), s. 272–283.

Obr. 19. Z realizace řízení varny dobrovického cukrovaru firmou ProjectSoft HK, a.s. (1993)

