

01-2098-02-Če

Způsob návrhu konstrukčního prvku

Oblast techniky

Tento vynález se týká způsobu návrhu konstrukčních prvků, zvláště konstrukčních nosníků, ale neomezuje se jen na ně.

Dosavadní stav techniky

Při návrhu nebo výběru konstrukčního prvku k plnění požadované funkce, musí konstruktér započítat široký rozsah faktorů, např. zatížení, která má nosník nést, rozměry prvku, zda je prvek opatřen otvory a cenu prvku. Optimalizace všech významných faktorů může být zdlouhavý proces. V takovém konstrukčním prvku může být žádoucí poskytnout jeden nebo více otvorů, aby se umožnil průchod pro provoz budovy a aby se zmenšila hmotnost nosníku. V konstrukčním prvku obsahujícím obecně vertikální stojinu, mohou být takové otvory opatřeny v stojině.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je poskytnout nový nebo zlepšený způsob návrhu konstrukčního prvku.

Podle prvního aspektu vynálezu poskytujeme způsob návrhu konstrukčního prvku, obsahující poskytnutí hodnoty pro množství parametrů konstrukčního prvku a množství zatížení, která jím mají být podpírána, provedení analytického kroku výpočtu množství vlastností řečeného konstrukčního prvku v množství diskrétních míst na řečeném konstrukčním prvku a zobrazení výsledků řečeného analytického kroku.

Když má konstrukční prvek obsahovat otvor, může alespoň jeden z řečených parametrů být parametrem řečeného otvoru a alespoň jedna z řečených vlastností může být vlastnost řečeného konstrukčního prvku u řečeného otvoru.

Způsob může dále obsahovat srovnávací krok ke srovnání alespoň jedné z řečených vlastností s předem určeným kritériem.

Řečené množství míst může obsahovat množství částí řečeného konstrukčního prvku umístěných tak, aby byly podélně rozmístěny podél řečeného konstrukčního prvku.

Způsob může obsahovat krok zobrazení části, ve které požadovaná jedna z řečených vlastností má hodnotu, která má největší odchylku od předem určeného kritéria.

Způsob může obsahovat krok změny hodnoty jedné nebo více z řečeného množství parametrů tak, že se zmenší řečená odchylka hodnoty řečené vlastnosti od předem určeného kritéria.

Množství vlastností se může srovnat s odpovídajícím jedním z množství předem určených kritérií.

Řečené srovnání každé vlastnosti a odpovídajícího předem určeného kritéria se může vyjádřit jako tzv. jednotný činitel tak, že když řečený jednotný činitel je větší než 1, řečená vlastnost představuje poruchový stav.

Řečený konstrukční prvek může obsahovat stojinu a alespoň jednu pásnici a řečené parametry mohou obsahovat tloušťku a výšku stojiny a pásnice.

Způsob může obsahovat krok výběru alespoň jednoho z řečených parametrů řečeného konstrukčního prvku a/nebo řečeného zatížení přiloženého na řečený konstrukční prvek z knihovny předem určených hodnot pro řečené parametry a/nebo řečené zatížení.

Způsob může obsahovat krok výpočtu jednotného činitele pro množství vlastností každého diskrétního místa a zobrazení místa pro každou vlastnost s nejméně přijatelným jednotným činitelem.

Způsob může obsahovat výstupní etapu poskytnutí výstupu obsahujícího parametry konstrukčního prvku.

Způsob může dále obsahovat krok výroby konstrukčního prvku v souladu s řečeným výstupem.

Výstup může být v přenosné nebo přenositelné formě.

Podle druhého aspektu vynálezu poskytujeme konstrukční prvek, když konstrukční prvek je navržen způsobem podle prvního aspektu vynálezu.

Konstrukční prvek může obsahovat kovovou desku.

Konstrukční prvek může být opatřen otvory.

Konstrukční prvek může obsahovat kombinovaný nosník.

Podle třetího aspektu vynálezu poskytujeme počítačový program k provedení způsobu podle prvního aspektu vynálezu.

Podle čtvrtého aspektu vynálezu poskytujeme počítač, který je programován programem podle třetího aspektu vynálezu.



Podle pátého aspektu vynálezu poskytujeme výrobní prostředek k výrobě konstrukčního prvku, obsahující počítač podle čtvrtého aspektu vynálezu a výrobní přístroj, přičemž z řečeného počítače je do řečeného výrobního přístroje dodán výstup k řízení řečeného výrobního přístroje.

Podle šestého aspektu vynálezu poskytujeme způsob výroby konstrukčního prvku, obsahující dodání výstupu z počítačového programu podle třetího aspektu vynálezu do výrobního přístroje k řízení řečeného výrobního přístroje.

Krok přenosu výstupu z počítačového programu může obsahovat krok přípravy souboru dat.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude nyní popsán pomocí příkladu jen s odvoláním na doprovodné obrázky, ve kterých:

- na obr. 1a je bokorys prvního příkladu konstrukčního prvku,
- na obr. 1b je bokorys druhého příkladu konstrukčního prvku,
- na obr. 1c je bokorys třetího příkladu konstrukčního prvku,
- na obr. 1d je bokorys čtvrtého příkladu konstrukčního prvku,
- na obr. 2 je bokorys pátého příkladu konstrukčního prvku,
- na obr. 3a je vývojový diagram první etapy způsobu podle tohoto vynálezu,
- na obr. 3b je vývojový diagram druhé etapy způsobu podle tohoto vynálezu,
- na obr. 3c je vývojový diagram třetí etapy způsobu podle tohoto vynálezu.



Příklady provedení vynálezu

V tomto příkladu je způsob podle vynálezu určen k použití pro konstrukční prvky obsahující nosníky. Takové nosníky jsou obecně uspořádány v horizontálním směru, aby poskytly část mříže k poskytnutí podpory podlahy nebo střechy. Takový nosník může obsahovat kombinovaný nosník, tj. nosník podpírá alespoň část betonové desky k poskytnutí podlahy a nosník je uchycen do řečené desky pomocí výčnělků na horním povrchu řečeného nosníku držených v řečené betonové desce, což se uvádí jako smykové spojení. Takové uspořádání umožňuje, aby byl poskytnut nosník, který má větší rozpětí nebo aby podpíral větší zatížení, než by bylo jinak s ohledem na rozměry nosníku možné. Mříž obvykle obsahuje množství takových nosníků, které se obyčejně uvádějí jako primární nosníky a sekundární nosníky. Zatížení betonové desky přejde nejdřív na sekundární nosníky, které se rozprostírají mezi primárními nosníky a odtud na primární nosníky, které se rozprostírají mezi vhodnými podpěrami, např. sloupy.

Nosník může být v části nebo v celé své délce prizmatický nebo neprizmatický a může mít jeden nebo více otvorů žádaného tvaru, jak je to uvedeno na obrázcích. Podle obr. 1a je konstrukční prvek obsahující nosník 10 uveden s provozními kanály 11. Nosník 10 má horní pásnici 12 a dolní pásnici 13 spojené stojinou 14. Pár prodloužených otvorů 15 je opatřen ve stojině a je umístěn obecně souměrně ke střednímu bodu nosníku 10. Horní pásnice 12 a dolní pásnice 13 nejsou rovnoběžné, ale jsou sbíhavé se zvětšující se výškou ve směru ke střednímu bodu nosníku 10. Takové uspořádání se uvádí jako ‚jediná sbíhavost‘. Bod ve kterém se úhel pásnice 13 mění se uvádí jako ‚úhel změny‘ a v obrázcích je označen jako X. Změna tloušťky stojiny se označuje také jako ‚bod změny‘.

Obr. 1b uvádí nosník 10 podobný nosníku na obr. 1a, ale opatřený koncovými částmi 10a, přičemž horní pásnice 12 a dolní pásnice 13 jsou



obecně rovnoběžné, uspořádání je označováno jako „zalomená sbíhavost“. Nosník 10 dále obsahuje kulaté otvory 16 opatřené ve stojině 14.

Obr. 1c uvádí nosník 10, který má střední část 10b, ve které horní pásnice 12 a dolní pásnice 13 jsou obecně rovnoběžné, uspořádání je označováno jako ‚dvojitá sbíhavost‘ a přitom je opatřen pár obdélníkových otvorů 17 umístěný obecně souměrně ke střednímu bodu nosníku 10. Obr. 1d uvádí nosník 10 podobný nosníku na obr. 1c, ale opatřený koncovými částmi 10a podobným způsobem jako nosník na obr. 1b, a jediným otvorem 17, označovaným jako ‚křídlo racka‘.

Obr. 2 uvádí nosník 20, který má horní pásnici 21 a dolní pásnici 22, které jsou spojeny stojinou 23 opatřenou množstvím kruhových otvorů 24.

Uspořádání nosníků 10, 20 uvedená na obr. 1a – 1d, 2 nejsou výlučná, ale jednoduše ilustrují volnost volby rozměrů a tvarů nosníků dostupných konstruktérovi. Nosník může být podle požadavku nesouměrný, zakřivený, sbíhavý nebo s mnoha plochami. Otvory 15, 16, 17 jsou uvedeny umístěné obecně na nosníku souměrně, mohou být ale umístěny podle požadavku na nosníku kdekoli buď souměrně nebo jinak.

Nyní s odvoláním na obr. 3a až 3c jsou ve vývojovém diagramu uvedeny různé kroky způsobu podle tohoto vynálezu. Způsob může být rozložen do tří etap, první vstupní etapa je uvedena na obr. 3a, analytická etapa je uvedena na obr. 3b a výstupní etapa je uvedena na obr. 3c. V tomto příkladu se předpokládá, že způsob je realizován počítačem a konstruktérem.

Ve vstupní etapě způsobu se vloží důležité parametry nosníku a zatížení a použití nosníku. V kroku 1.1 se může vybrat typ nosníku z knihovny předem definovaných typů nosníků nebo alternativně může být konstruktérem poskytnut typ nosníku vyrobeného na objednávku.



V krocích 1.2 až 1.5 se poskytnou data o rozměru a zatížení nosníku. V kroku 1.2 se specifikuje nosník jako nosník podlahy nebo střechy, zda má být nosník vnitřní nebo krajní, vzdálenost, která se má nosníkem překlenout a vzdálenost od sousedních nosníků na každé straně. Potom je poskytnut profil plochy, kterou má nosníkem podepřít. Profil může být zase vybrán z knihovny předem definovaných profilů nebo mohou být pro preferovaný profil poskytnuty parametry. Potom se vloží projekt podlahy včetně orientace plochy, umístění a počtu sekundárních nosníků a zajišťovacích detailů nosníku. Potom se vloží detaily betonové desky, která má být podepřena nosníkem, včetně výšky desky, typu a stupně součástí desky a zesilovací mříže opatřené v desce.

V krocích 1.6 a 1.7 se vloží detaily zatížení, které má být neseno stavbou, včetně vloženého, provozního a větrného zatížení, jakýchkoli bezpečnostních činitelů a mezí vlastní frekvence a vychýlení konstrukce.

V kroku 1.7 se vloží jakékoli zatížení, jak bodové zatížení, tak rovnoměrně rozložené zatížení, dodatečné k těm zatížením vloženým projektem podlahy a detaily zatížení. Tento vstup může být potvrzen zobrazením uspořádání typického dílu.

Jestliže se má použít smykových spojek, vloží se v kroku 1.8 jejich počet a rozmístění.

V krocích 1.9, 1.10 a 1.11 se poskytnou parametry nosníku, zvláště rozměry horní a dolní pásnice, výška a tloušťka stojiny a detaily jakéhokoli bodu změny nosníku spolu s počtem, rozmístěním a rozměrem jakýchkoli otvorů ve stojině a poskytnutí jakéhokoli vyztužení nosníku.

Vstupní etapa tak konstruktérovi umožňuje poskytnout detaily tvaru nosníku, otvorů stojiny, vyztužení stojiny, geometrii nosníku mezi body



změny a jiné parametry podle požadavku. Takové parametry mohou být vybrány z knihovny předem určených tvarů nebo parametrů, nebo když je způsob realizován počítačovým programem mohou být určeny řečeným programem.

Může se uvažovat, že když je způsob realizován počítačovým programem nebo jinak, mohou být poskytnuta vhodná grafická zobrazení k potvrzení vložených parametrů.

Když jsou poskytnuty požadované hodnoty těchto parametrů, potom může být provedena analytická etapa.

Podle obr. 3b se analytická etapa nyní ptá na další informace jako zda je nebo není nosník kombinovaný a zda má nebo nemá být podepřen a druh oceli. Potom se v krocích 2.2, 2.3 a 2.4 na obr. 3b provedou kontroly pro tři stavy výpočtu.

Krok 2.2 je tzv. „normální stav“, ve kterém se udělají kontroly vlastností nosníku v místě dokončené stavby, tj. když je úplná konstrukce, jejíž část má nosník tvořit. Výpočty nejzazší meze se provedou pro množství vlastností v každém z množství diskretních míst, v tomto příkladu jsou diskretní části podélně rozmístěny podél délky nosníku. Části mohou být od sebe vzdáleny stejně nebo mohou mít vzdálenosti podle nutnosti jiné. V kroku 2.2 se nejdříve vypočítá přiložené zatížení a potom se vypočítají čtyři hlavní vlastnosti:

- 1) vertikální smyková síla na nosníku a ohybový moment,
- 2) vzájemné působení ohybového momentu a vertikálního smyku,
- 3) boční krutový vzpěr nosníku a
- 4) pevnost v podélném smyku betonu.

Další vlastnosti, které se mohou vypočítat, obsahují jakákoli nutná příčná zesílení a nejmenší tloušťku svaru.



Vypočítané hodnoty se srovnají s předem určeným kritériem a vypočítá se jednotný činitel pro diskrétní části, které mají nejméně přijatelnou vypočítanou hodnotu té vlastnosti.

Jednotný činitel pro danou vlastnost je nejednotková hodnota, ukazující, zda vypočítaná hodnota pro danou vlastnost splňuje předem určené kritérium. Jestliže jednotný činitel je větší než 1, ukazuje to poruchový stav, tj. vypočítaná hodnota selhává při plnění předem určeného kritéria. Hodnota 1 ukazuje, že hodnota vlastnosti přesně splňuje předem určené kritérium a hodnota menší než 1 ukazuje, že hodnota vlastnosti je více než dostatečná ke splnění kritéria. Optimalizace návrhu v praxi vyžaduje, aby hodnota jednotného činitele byla menší než 1, ale aby se blížila k 1. Jednotný činitel se může vypočítat vypočítáním poměru, jestliže vypočítaná hodnota je skutečná síla v prvku.

Když nosník obsahuje sousedící části, které mají různou sbíhavost, vypočítají se vlastnosti týkající se stability stojiny a pásnice ve spojení nebo v blízkosti spojení takových dvou částí. Vlastnosti obsahují:

- 1) maximální změnu úhlu, tj. maximální rozdíl úhlu sbíhavosti mezi dvěma částmi,
- 2) vzpěrnou pevnost stojiny a
- 3) pevnost stojiny v tlaku.

Pro vzpěrnou pevnost stojiny a pro pevnost stojiny v tlaku se vypočítaná hodnota srovná s předem určeným kritériem a s jednotným činitelem vypočítaným pro diskrétní část, která má nejméně přijatelnou vypočítanou hodnotu té vlastnosti.

Když je stojina opatřena jedním nebo více otvory, provedou se další výpočty v množství bodů, v tomto příkladu kolem otvoru.



Použitím výsledků těchto výpočtů se vypočítá jednotný činitel pro každou z následujících vlastností, z nichž každá představuje poruchový stav:

- 1) modifikovaný výpočet vertikálního smyku,
- 2) vzájemné působení vertikálního smyku a ohybového momentu,
- 3) Vierendeelova nosnost,
- 4) vzpěrná nosnost stojiny a
- 5) horizontální smyk podpěry stojiny.

V dalším kroku 2.3 analytické etapy, v tzv. „konstrukčním stavu“, se kontrolují vlastnosti nosníku ve stavu, když je uložen, ale když není přiloženo zatížení, např. od desky podlahy. Kontrolují se následující vlastnosti:

- 1) vzájemné působení nosnosti ohybového momentu a nosnosti vertikálního smyku bez betonové desky a
- 2) boční krutový vzpěr nosníku.

Když jsou ve stojině opatřeny otvory, vypočítají se pro část následující vlastnosti střední přímkou každého otvoru jako výše v kroku 2.2:

- 1) modifikovaný výpočet vertikálního smyku,
- 2) vzájemné působení vertikálního smyku a ohybového momentu,
- 3) Vierendeelova nosnost,
- 4) vzpěrná nosnost stojiny a
- 5) horizontální smyk podpěry stojiny.

Vypočítaná hodnota pro každou vlastnost se zase srovná s předem určeným kritériem a vypočítá se jednotný činitel pro diskrétní část, která má nejméně přijatelnou vypočítanou hodnotu vlastnosti.

V kroku 2.4 analytické etapy, v „provozoschopném stavu“, se vypočítají následující vlastnosti:



- 1) napětí v tlaku betonu
- 2) napětí v tahu oceli
- 3) napětí v tlaku oceli
- 4) vlastní frekvence chvění nosníku.

Pro každou tuto vlastnost se vypočítá jednotný činitel jako výše v kroku 2.2 a 2.3.

V provozuschopném stavu se může také udělat kontrola průhybu nosníku. Kontroly průhybu mohou v konstrukčním stavu obsahovat průhyb vlastní vahou nosníku, když je nebo není podepřen. V normálním stavu se průhyb vlivem vložených zatížení a superponovaných trvalých zatížení může vypočítat na základě vlastností kombinovaného nosníku a provede se kontrola celkového průhybu. Kontroly průhybu v tomto příkladu nevytvoří jednotný činitel, ale místo toho se srovnají s předem určeným kritériem poskytnutým konstruktérem, např. s maximálním přijatelným celkovým průhybem nosníku. V tomto příkladu jsou kontroly průhybu volitelné a kterákoli nebo všechny mohou být konstruktérem vybrány nebo vynechány.

V zobrazovacím kroku 2.5 se zobrazí každá vlastnost spolu s 'kritickou hodnotou' odpovídající jednotnému činiteli pro diskrétní část, která má nejméně přijatelnou vypočítanou hodnotu této vlastnosti (obvyčejně maximální hodnotu) nebo podle vhodnosti jiný srovnávací ukazatel s odpovídajícím kritériem nebo vypočítaná hodnota vlastnosti.

Jestliže jsou v kroku 2.6 kritické hodnoty přijatelné, konstruktér postoupí k 3. etapě způsobu. Když jednotný činitel překročí 1, jako v kroku 2.7, je hodnota pro tu vlastnost v důležité části 'kritická' a proto vede pravděpodobně k poruše nosníku. Takto zobrazená informace upozorní konstruktéra na místo, kde je nosník nedostatečný. Konstruktér může potom revidovat hodnoty parametrů (krok 2.7A) a dodat pozměněné parametry ve vstupním kroku 1.10.



Konstruktér se potom vrátí do vstupní etapy, aby podle toho modifikoval detaily nosníku.

Když je však jednotný činitel podstatně pod 1 (krok 2.8), ukazuje to, že nosník je pro uvažované zatížení předimenzován. Ke zmenšení hmotnosti, ceny atd. nosníku je žádoucí zvětšit jednotný činitel k 1, když zůstává pod 1, a tak optimalizovat návrh. Takto zobrazené informace dovolují konstruktérovi rychle identifikovat ty části nosníku, ve kterých může být návrh optimalizován a podle toho revidovat parametry nosníku (krok 2.8A). Revidované hodnoty parametrů nosníku se vloží v kroku 1.10.

Proces revize parametrů nosníku a prohlížení vypočítaných jednotných činitelů se může provést iterativně až jsou v kroku 2.6 kritické činitele přijatelné, tj. jednotné činitele jsou pod 1, ale jsou dostatečně blízké k 1, aby návrh byl dostatečně optimalizován a způsob postoupí do výstupní etapy.

Ve výstupní etapě, jak je uvedena na obr. 3c, jsou v kroku 3.1 dány na výstup detaily, např. uložením do datového souboru nebo podle požadavku do jakéhokoli jiného formátu. Když jsou dány na výstup parametry nosníku, mohou být parametry dodány jako tištěný dokument např. ve standardním formátu, nebo mohou být dodány jako počítačový datový soubor ve vhodném formátu, např. na počítačovém disku nebo pásce nebo na jakémkoli jiném médiu, nebo mohou být zobrazeny na stínítku nebo podle požadavku v jakékoli formě. Může se uvažovat, že takový datový soubor by mohl být např. přenesen elektronickou poštou zákazníkovi a/nebo výrobcí nosníku. V kroku 3.2 se potom postup opakuje pro všechny nosníky, pro které je návrh požadován. Konečně v kroku 3.3, když jsou všechny parametry pro všechny požadované nosníky specifikovány, by mohl být v této etapě dodavatel kontaktován o detailech



návrhu, dodání a výrobní ceně nosníků nebo může být podle toho ukázána a vybrána nejbližší shoda z knihovny předem určených typů nosníků.

Když dojde vhodný konečný návrh, může se vypočítat cena konstrukčního prvku podle návrhu, může se připravit výrobní výkres nebo ovšem může být výrobní přístroj řízen, aby vyrobil konstrukční prvek podle návrhu. Takový výrobní přístroj může obsahovat např. řezací prostředek k řezání plechů k poskytnutí stojnicové části a/nebo pásnicové části požadovaného tvaru a může dále řezat otvory ve stojnicové části. Výrobní přístroj může dále nebo alternativně obsahovat svařovací prostředek ke spojení stojnicové části a pásnicové části, aby se vytvořil nosník. Takový přístroj je vysvětlen v naší spolu projednávané přihlášce čís. GB9926197.6. Podle požadavku může být ovšem použit jakýkoli vhodný výrobní přístroj. Když se způsob provede použitím počítačového programu, může být počítač poskytnut jako část výrobního prostředku obsahujícího řečený výrobní přístroj.

Poskytnutí množství standardních parametrů nosníků v knihovně jako části programu tak dále urychluje proces návrhu tím, že umožňuje, aby některé nebo všechny parametry nosníku nemusely být dodány konstruktérem.

Analytická etapa popsaná zde a diskutovaná podrobněji níže poskytuje přísnější analýzu chvění než známé způsoby. Výpočet vlastností nosníku v předem určených částech poskytuje rychlejší realizaci analytické etapy než dříve známé techniky, např. metoda konečných prvků a programy analýzy pružnosti.

Podrobná diskuze analytické etapy

Krok 2.2 Normální stav



Zatížení vlastní vahou se vypočítají dodatečně k rovnoměrně rozloženým zatížením a dodatečným zatížením specifikovaným ve vstupní etapě použitím hustoty betonu za sucha a připočítáním hmotnosti nosníku a pokrytí.

Kontrola smyku části:

Při kontrole části jen pro smykovou sílu se vypočítá nosnost ve smyku při zanedbání příspěvku betonové desky. Proto se musí udělat odvolání na BS5950: část 1, odst. 4.2.3 (pevnost na mezi průtažnosti ve smyku) a odst. 4.4.5 (vzpěrná pevnost ve smyku). Průřez stojiny je klasifikován jako tenký když d/t překročí 63ε (pro $\varepsilon = \sqrt{\{275/p_y\}}$). V tomto případě software použije postupu navrženého v BS5950: část 1 (příloha H2) „Vzpěrná pevnost ve smyku použitím působení pole napětí“.

Kritické místo je v levé podpoře, kde v tomto případě stojina není tenká, nosnost na mezi průtažnosti ve smyku se vypočítá: $P_v = 0,6 p_y A_v$.

Relativní velikost smykového spojení:

Relativní velikost smykového spojení se definuje jako poměr počtu poskytnutých smykových spojek a počtu spojek nutných k plnému vzájemnému působení. Toto se vypočítá podle BS5950: část 3, odst. 5.4.4.1: $N_p = F_p/Q_p$, kde Q_p je nosnost smykové spojky v oblasti kladného momentu (BS5950: část 3, odst. 5.4.3-a) a F_p je podélná tlaková síla v betonové pásnici v bodě maximálního kladného momentu. Bere se jako menší z A_p a $0,45 f_{cu}$ krát plocha betonu uvnitř účinného průřezu.

Protože BS5950: část 3 nepokrývá případ nesouměrných nosníků vypočítá se minimální relativní velikost smykového spojení podle EC4 odst. 6.1.2. Pro nosníky se stejnými pásnicemi s rozpětím mezi 5 a 25 m EC4 doporučuje: $N_a/N_p \geq 0,25 + 0,03L$.



Vzájemné působení ohybového momentu a vertikálního smyku:

Nosnost vertikálního smyku:

V případě vzájemného působení s ohybovým momentem byl vzat ohled na příspěvek betonové desky na nosnost části ve smyku. Toto se vypočítá podle pravidel pro prostřihovací smyk BS5950: část 4.

Když stojina není tenká, porucha se objeví při mezi průtažnosti a nosnost ve smyku se vypočítá podle BS5950: část 1, odst. 4.2.3.

Nosnost betonu ve smyku se vypočítá násobením napětí betonu krát účinná plocha betonové části. Její výška se rovná čisté tloušťce desky, zatímco její šířka se rovná šířce horní ocelové pásnice plus 1,5 krát čistá výška pásnice na každé straně nosníku.

Nosnost ohybového momentu:

Podélná pevnost ve smyku R_q (definovaná v BS5950: část 1, příloha B2) se použije k definování výšky betonu v tlaku $d_c = (D_s - D_p) R_q/R_c$. To nahrazuje čistou výšku desky $(D_s - D_p)$ při výpočtu nosnosti v ohybu kombinované části pro částečné smykové vzájemné působení.

U nosníku s jednou podpěrou se účinná šířka ve středu rozpětí vypočítá podle BS5950: část 3, odst. 4.6. Protože nosník je podepřen jednoduše, rovná se vzdálenost mezi body nulového momentu rozpětí nosníku a proto $B_{eff} = 2 L/8$. Uvažuje se, že účinná šířka se mění podél výšky nosníku lineárně a její hodnota je v podporách nulová.

BS5950 příloha B poskytuje řadu vzorců k výpočtu nosnosti plastického momentu pro části se stejnými pásnicemi. Tento software používá obecnějších rovnic platných také v případě nesouměrných částí.



V případě, že se použije malého smykového vzájemného působení, zmenšení nosnosti ohybového momentu není nutné.

V „plném výstupu“ se ve výstupním kroku poskytnou důležitá data nutná k výpočtu momentové a smykové nosnosti v každé části.

Kontrola podélné pevnosti ve smyku:

Kontrola podélných smykových spojek se provede v souladu s BS5950: část 3, odst. 5.6. Návrh podélné smykové síly na jednotku délky se vypočítá podle odst. 5.6.2. Je dána poměrem podélné síly, která se může přenést každou skupinou výčnělků, k prostorovému rozložení mezi každou skupinou. Aby se započítalo skutečné maximální podélné smykové napětí, které může betonová pásnice vydržet, zmenší se podélná smyková síla v poměru použitého výpočtového momentu a momentové nosnosti části pro skutečnou relativní velikost smykového spojení. Účelně se smykové napětí uvažuje, že se mění úměrně s poměrem momentů. Pro kombinované desky je podélná smyková síla kritická podél vertikálních rovin rovnoběžných se směrem nosníku umístěného v poloze minimální výšky desky, proto jednotková síla v každé rovině je $v = (M_{sd}/M_c) NQ/2s$,

kde N je počet smykových spojek ve skupině,

Q je nosnost smykové spojky podle odst. 5.4.3, modifikovaná pro případ výčnělků zalitých v kombinované desce podle odst. 5.4.7

s je minimální prostorové rozložení výčnělků.

Aby se dovolila možnost překrývaných spojů blízko k poloze nosníku, byl při výpočtu pevnosti ke zlomení řady smykových spojek (tj. kontrola příčného zesílení) příspěvek pokrytí (podle odst. 5.6.4) zanedbán.



Při výpočtu betonové smykové plochy na jednotku délky se použije čistá minimální výška desky. Podélná nosnost ve smyku samotné betonové pásnice se vypočítá podle odst. 5.6.3: $v_r \leq 0,8 \eta A_{cv} \sqrt{f_{cu}}$.

Kontrola příčného zesílení:

V tomto případě nebyl k návrhu podélné smykové síly použit žádný redukční činitel. Příčná pevnost betonu a mříže se vypočítá podle odst. 5.6.3: $v_r = 0,7 A_{sv} f_y + 0,03 \eta A_{cv} f_{cu}$. Protože toto je menší než podélná smyková síla, je nutné dodatečné zesílení, které se určí podle:

$$A_{vs}' = (v - v_r) / 0,7 f_y.$$

Plocha průřezu dodatečného zesílení je dána na výstupu jako mm^2/m . Toto zesílení je v nosníku spojitě.

Návrh svaru:

Tloušťka nejmenšího průřezu svaru se vypočítá konzervativnějším z následujících tří kritérií:

- i) tloušťka nejmenšího průřezu odolávající toku smyku výčnělku
- ii) tloušťka nejmenšího průřezu odolávající toku smyku momentu
- iii) tloušťka nejmenšího průřezu odolávající 80 % nosnosti na mezi průtažnosti stojiny.

Tok smyku výčnělku je nosnost smykové spojky dělená minimálním prostorovým rozložením. Program vypočítá tok smyku momentu v každém z 51 částí, ve kterých se provedou všechny kontroly a na výstupu se poskytne kritické místo. Tok smyku momentu je dán napětím v tahu ve spodní pásnici krát její plocha. Napětí v tahu na každé straně uvažovaného prvku se vypočítá jako napětí na mezi průtažnosti krát jednotný činitel pro kombinovaný ohybový moment a smykovou sílu v odpovídajícím místě. Proto se použije následujícího vzorce:



$v = (u_{fi}A_{bi} - u_{fi-1}A_{bi-1})p_y/s$. V „úplném výstupu“ se uvedou jednotné činitele ve všech 51 částech. V poloze podpěry je napětí na LHS prvku nulové. Tloušťka nejmenšího průřezu odpovídající 80 % nosnosti na mezi průtažnosti stojiny je $a = 0,8 \cdot 0,6 p_y t_w / 0,7 p_w$. Síla ve svaru na jednotku délky v je maximální hodnota mezi smykovým tokem výčnělku a tokem smyku momentu. Rozměr svaru se stanoví rovnicí: $a = v / 0,7 p_w$.

Místní kontroly v bodech změny:

Místní kontroly se provedou pro stabilitu stojiny a pásnice ve změně sbíhavosti. V těchto polohách se udělají kontroly:

Vychýlení pásnice

Způsobené příčným ohybem pásnice vlivem změny směru síly pásnice. Uvede se také maximální změna úhlu a vypočítá se pomocí následujícího vzorce: $\sin \alpha' = 4t_f(1 - UF_b^2)/(B \cdot UF_b)$

kde: B je šířka spodní pásnice

UF_b je jednotný činitel pro ohyb části, ve které nastává změna sbíhavosti.

Jestliže se tato hodnota překročí, požaduje se vyztužení v celé výšce v bodě změny.

Vzpěrná pevnost stojiny

Způsobena vertikálními složkami sil pásnic v bodě změny sbíhavosti. Vypočítá se použitím přístupu pro modifikovanou vzpěru podle BS5950: část 1, odst. 4.5.2. Proto vzpěrná nosnost se vypočítá jako:

$$P_w = n_1 t_w P_c$$

kde: n_1 je šířka ekvivalentní vzpěry, vypočítaná při uvažování rozptylu 45°

t_{wmin} je minimální tloušťka stojiny

P_c je vzpěrné napětí odpovídající vzpěrné křivce c v BS5950: část 1, tab. 4.14. Závisí na štíhlosti $\lambda = h_{eff}/r_y$



r_y je poloměr setrvačnosti ($= t\sqrt{12}$)

h_{eff} je účinná délka prvku vzpěry. Bere se jako 0,85 krát výška stojiny, což je hodnota navržená v BS5950: část 1, tab. 4.12 pro vzpěru částečně vetknutou na obou koncích.

Tento poruchový stav není kritický, jestliže vypočítaný jednotný činitel nepřekročí 1,0.

Pevnost stojiny v tlaku

Způsobena stejnou silou jako ve vzpěru. V tomto případě se uvažuje větší rozptyl v důsledku ohybu pásnice. Nosnost v tlaku stojiny se vypočítá jako: $P_w = n_2 t_w p_{yw}$

kde: n_2 je délka v tlaku, která se bere jako 7 krát tloušťka stojiny
 t_{wmin} je minimální tloušťka stojiny
 p_{yw} je napětí na mezi průtažnosti stojiny

Tento poruchový stav není kritický, jestliže vypočítaný jednotný činitel nepřekročí 1,0.

Krok 2.3 Konstrukční stav

Vzájemné působení ohybového momentu a vertikálního smyku

Nosnost vertikálního smyku:

V konstrukčním stavu se musí udělat odvolání na BS5950: část 1, odst. 4.2.3 (pevnost na mezi průtažnosti ve smyku) a odst. 4.4.5 (vzpěrná pevnost ve smyku). Průřez stojiny je klasifikován jako tenký když d/t překročí 63ε (pro $\varepsilon = \sqrt{\{275/p_y\}}$).

Když stojina není tenká nosnost na mezi průtažnosti ve smyku se vypočítá jako: $P_v = 0,6 p_y A_v$. Protože použitý smyk nepřekročí 0,6 P_v , vzájemné působení ohybového momentu a smykové síly se nezapočítává. Pevnost ve smyku není v konstrukčním stavu kritická.



Nosnost ohybového momentu:

Nosnost ohybového momentu se vypočítá podle BS5950: část 1, odst. 4.2.5. Každá z 51 částí, kde se provádějí kontroly, se klasifikuje v souladu s BS5950: část 1, tab. 3.4. Pásnice, výstupky a stojina jsou třídy 1 (plastické), protože jsou splněna následující kritéria: $B/T \leq 8\epsilon$, $d/t_w \leq 80\epsilon/(1 + r_1)$, nosnost momentu je $M_c = p_y S_x$, kde S_x je plastický modul ocelové části.

V „plném výstupu“ se poskytnou v každé části důležitá data nutná k výpočtu nosnosti momentu a smyku.

Kontrola bočního krutového vzpěru:

Kontrola bočního krutového vzpěru se provede v souladu s BS5950: část 1, odst. 4.5. Sekundární nosníky jsou připojeny ke stojině primárních nosníků. Poskytují mezilehlá vetknutí. Zatížení které přenášejí není destabilizující. Proto se primární nosník kontroluje na boční krutový vzpěr v každém rozpětí mezi dvěma sekundárními nosníky a účinná délka se uvažuje, že se rovná prostorovému rozložení mezi sekundárními nosníky.

Návrhový moment v každém rozpětí (M_{bar}) je maximální použitý moment (M_{max}) v rozpětí krát ekvivalentní momentový činitel m . V BS5950: část 1 (návrh 2000), tab. 4.4, se tento činitel vypočítá jako funkce maximálního ohybového momentu a hodnoty, kterou dosáhne ve třech stejně vzdálených bodech uvnitř rozpětí mezi vetknutími. Pro sbíhavé nosníky by se hodnoty ohybového momentu měly nahradit odpovídajícími napětími, která existují ve stlačované pásnici. Proto je činitel m dán vztahem



$$m = \frac{0,2\sigma_{\max} + 0,15\sigma_2 + 0,5\sigma_3 + 0,15\sigma_4}{\sigma_{\max}}$$

Moment vzpěrné pevnosti se vypočítá podle odst. 4.3.6.5. Když je kritická poloha části třídy 1, $M_b = p_b S_x$. Pevnost v ohybu p_b se vypočítá podle BS5950: část 1: 2000, příloha B.2.1 použitím vlastností průřezu v poloze maximálního ohybového momentu (viz též příloha B.2.5). Je to funkce ekvivalentní štíhlosti λ_{LT} , která byla vypočítána podle odst. 4.3.6.7 a přílohy B.2.3.

Krok 2.4 Provozoschopný stav

Nosník je přiměřeně v provozuschopném stavu, jestliže jeho průhyby a vlastní frekvence nepřekročí doporučené meze a zabrání se nevratným napětím. Jak průhyby, tak napětí se vypočítají podle nevýpočtových zatížení (BS5950: část 3, odst. 2.4.1). Meze průhybů závisí na použití a uživatel je vloží na vstupu.

Kontrola průhybů

Stav konstrukce: průhyby vlastní vahou když konstrukce není podepřena, průhyby vlivem vlastní váhy nosníku a betonové desky jsou založeny na vlastnostech ocelového nosníku.

Normální stav: průhyb vlivem přiloženého zatížení a superponovaného trvalého zatížení se vypočítá na základě vlastností kombinovaného nosníku.

V případě částečného smykového spojení se posunutí při provozuschopných zatíženích může vypočítat podle BS5950: část 3, odst. 6.1.4, které obsahuje příspěvek vlivem smyku smykových spojek jako funkci N_a/N_p :



$$\delta = \delta_c + 0,3 \cdot (1 - N_a/N_p) (\delta_s - \delta_c)$$

kde δ_s je průhyb holého nosníku při stejném zatížení

δ_c je průhyb kombinovaného nosníku v případě plného smykového vzájemného působení při stejném zatížení.

BS5950 příloha B.3 poskytuje specifický vzorec k výpočtu druhého momentu plochy nelomené části se stejnými pásnicemi. Tento software používá obecnější rovnici, která se použije také v případě nesouměrné části.

Průhyby vlivem přiložených zatížení:

BS5950: část 3 se odvolává na část 1 (odst. 2.4.2) na doporučení týkající se hodnot mezních průhybů. BS5950: část 1, tab. 2.8 poskytuje tyto hodnoty v případě nosníků jen s přiloženými zatíženými. Typické meze jsou rozpětí/360 pro vnitřní nosníky a rozpětí/500 pro krajní nosníky podporující obložení takové jako je zdivo.

Průhyby vlivem superponovaných trvalých zatížení:

Tyto průhyby se vypočítají na základě vlastností kombinovaného nosníku a jsou brány v úvahu při kontrole celkového průhybu.

Kontrola celkového průhybu:

Mez celkového průhybu je ponechána na výběru konstruktéra, protože jsou možné různé volby včetně rozhodnutí nosník zakřivit předem nebo jen ho podepřít během stavby. Pro nosníky se zdviženou pásnicí nebo zavěšeným stropem se často, ale ne ve všech případech, používá meze rozpětí/200, doporučuje se, aby průhyb nepřekročil 75 mm. V případě, kde je nosník vystaven pohledu by mez průhybu měla být rozpětí/250.



Kontrola chvění

Při výpočtu dynamické setrvačnosti byl modulární poměr zmenšen, aby představoval dynamický modul pružnosti, který je 0,9 krát statický modul. Kontrola chvění se provede použitím zjednodušeného přístupu. Vlastní frekvence (Hz) je $f = 18/\sqrt{y_0}$, kde y_0 je maximální průhyb kombinovaného nosníku při zatížení vlastní vahou, superponovaným trvalým zatížením a 10 % návrhového přiloženého zatížení, všechna jsou přiložena na kombinovanou část. Spodní mez vlastní frekvence je pro kancelářské aplikace 4 Hz.

Kontroly napětí:

Kontroly napětí v provozuschopném stavu se provedou podle BS5950: část 3, odst. 2.4.3 a 6.2. Napětí v horní a dolní pásnici jsou $\sigma_{top} = (M_{sd}/I_{xx})y_e$ a $\sigma_b = (M_{sd}/I_{xx})(h - y_e)$. V konstrukčním stavu jsou napětí vlivem vlastní váhy nosníku a betonové desky založena na vlastnostech ocelového nosníku. V normálním stavu se použijí vlastnosti kombinovaných částí.

Napětí v krajních vláknech ocelového nosíku by neměla překročit návrhovou pevnost p_y a napětí v betonové desce by neměla překročit $0,50 f_{cu}$.

Napětí se řídí tak, aby protažení nezpůsobilo poškození průhybu a také při opakovaném zatížení není trvalý průhyb.

Kontroly napětí jsou v praktických návrhových případech zřídka kritické.

Kontrola betonu není kritická pro nepodepřené konstrukce, ale může být kritická pro podepřené konstrukce.



Dodatečné kontroly u otvorů provedené v krocích 2.2 a 2.3

Klasifikace stojiny:

Klasifikace stojiny se provede ve čtyřech různých polohách kolem otvoru. Existují body, ve kterých se pravděpodobně vyskytnou plastická spojení ve stavu Vierendeelovy ohybové poruchy. Jestliže nevyztužená stojina je alespoň třídy 2, Vierendeelova nosnost v ohybu se může vypočítat použitím plastických vlastností, jinak se musí použít modulu pružnosti. Každá stojina je alespoň třídy 2, když se splní následující kritéria: $d_{eff} \leq 9t\epsilon$ nebo $l \leq 40t\epsilon$

$$\text{pro } d_{eff} = d_t \sqrt{1 - (40t_{eff}\epsilon/l)^2}, \quad \epsilon = \sqrt{275/p_y}$$

kde d_{eff} je účinná výška nevyztužené stojiny

t je tloušťka stojiny

l je účinná délka otvoru (viz Vierendeelova nosnost pro detaily)

d_c je výška stojiny pod výškou pásnice-stojiny

t_{eff} je účinná tuhost stojiny (viz globální nosnost momentu pro detaily)

Účinná šířka (b_{eff}):

Účinná šířka v jakékoli poloze se vypočítá podle BS5950: část 3, odst. 4.6: $B_{eff} = x/2$. Uvažuje se, že účinná šířka se podél nosníku mění lineárně podle vzdálenosti x od podpor.

Výška betonu v tlaku (d_c):

Pevnost (R_q) v podélném smyku (definovaná v BS5950: část 1, příloha B2) se použije k definici výšky betonu v tlaku $d_c = (D_s - D_p)R_q/R_c$. To nahrazuje čistou výšku desky ($D_s - D_p$) při výpočtu nosnosti v ohybu v kombinované části pro částečné vzájemné působení smyku.



Poloha (Y_c) pružné neutrální osy, poloha (Y_p) plastické neutrální osy, jejich moment je (I_{xx}), moduly pružnosti (Z_c , Z_l , Z_h) a plastický modul (S_N).

Tyto vlastnosti se vypočítají z prvních principů a odpovídají vlastnostem zmenšené části ve střední přímce otvorů.

Shrnutí kontrol u otvorů

Kontrola vertikálního smyku:

Kontrola vertikálního smyku se provede ve střední přímce každého otvoru. Smyková nosnost je dána součtem pevnosti horní a dolní stojiny plus příspěvek betonu. Příspěvek betonu se vypočítá podle pravidel pro prostřihovací smyk BS5950: část 4. Nosnost vertikálního smyku je proto:

$$P_{vy} = P_{vw} + P_{vc} \quad \text{kde} \quad P_{vw} = 0,6p_y \cdot 0,9 \cdot (A_{top.v} + A_{bot.v})$$

$$P_{vc} = v_c(D_s - D'_p)[B_l + 3 \cdot (D_s - D'_p)]$$

Činitel 0,9 započítává nerovnoměrný tok smyku uvnitř části, pevnost ve smyku oceli je $0,6p_l$; $A_{top.v}$ a $A_{bot.v}$ jsou smykové plochy horní a dolní stojiny (zanedbává se plocha pásnic). D'_p je ekvivalentní výška desky v případě, kdy je plocha orientován rovnoběžně s nosníkem.

V každé poloze se vypočítají jednotné činitele, které jsou dány poměrem použitého smyku působícího v průřezu k odpovídající nosnosti smyku. Jestliže jednotný činitel překročí 1,0, část nevyhoví kontrole vertikálního smyku.

Globální nosnost momentu:

Nosnost momentu u poloh otvorů se vypočítá použitím plastických vlastností průřezu. Proto se poskytuje následující rovnicí $M_c = S_{xp_y}$.



Vlastnosti průřezu se vypočítají použitím účinné tloušťky t_{eff} , která umožňuje vzájemné působení mezi smykovou silou a ohybovým momentem. Vypočítá se podle následujícího vzorce:

$$t_{eff} = t[1 - ((2V_o/V_w) - 1)^2] \quad \text{pro } V_o - V_w \geq 0,5$$

Vierendeelova nosnost:

Vierendeelův ohyb je místní ohybový účinek vyskytující se v horním a dolním tvaru T nosníku vlivem přenosu smyku přes otvor. Tento poruchový stav není kritický, když je splněna následující nerovnost:

$$V_o l \geq \Sigma M_{vred} + M_{vc}$$

- kde: V_o je použitá smyková síla ve střední přímce otvoru
 l je účinná délka otvoru. Pro obdélníkový otvor se rovná jeho skutečné délce. Pro kruhový otvor se bere jako 0,5 krát jeho průměr. Pro prodloužený otvor se bere jako délka otvoru minus 0,5 krát jeho výška.
 M_{vred} je Vierendeelova pevnost v ohybu v každé kritické části zmenšená přítomností smykové a tažné síly T . Vypočítá se podle následujícího vztahu:

$$M_{vred} = M_v[1 - (T/T_y)^2]$$

- T_y je pevnost v tahu části ve tvaru T stojiny-pásnice
 M_v je Vierendeelova pevnost části v ohybu. Vypočítá se použitím pružných a plastických vlastností závislých na třídě stojiny. Aby se započítalo vzájemné působení mezi smykem a ohybovým momentem, definuje se účinná tloušťka stojiny, která se vypočítá následovně:



$$t_{\text{eff}} = t \cdot [1 - ((2V_o/P_{vw}) - 1)^2] \quad \text{pro } V_o/V_w \geq 0,5$$

- P_{vw} je pevnost ve smyku části ve tvaru T stojiny-pásnice
 M_{vc} je Vierendeelova pevnost vlivem místního kombinovaného působení vrchního tvaru T stojiny-pásnice se spojenou deskou. Vypočítá se jako:

$$M_{vc} = NQ_p(D_s + y_t)$$

- N je počet smykových spojek v délce $(l + D_d)$
 Q_p je nosnost jediné smykové spojky
 D_s je výška desky
 y_t je vzdálenost středu plochy horního tvaru T od horní pásnice ocelového nosníku.

Kontrola vzpěru stojiny:

Vzpěrná nosnost nosníku na kraji každého otvoru se kontroluje použitím přístupu modifikované vzpěry. Osová síla na prvek sousedící s otvorem je smyk, kterému odporuje horní tvar T. Vzpěrná nosnost se vypočítá jako:

$$P_w = d_{\text{eff}} \cdot t \cdot p_c$$

kde d_{eff} je účinná šířka vzpěry vypočítaná jako:

$$d_{\text{eff}} = \min [0,5d_o, 0,25s_{o.\text{eff}}]$$

$s_{o.\text{eff}}$ je účinná šířka podpěry nosníku. Závisí na hodnotě skutečné šířky (s_o) a závislost na tvaru otvoru se vypočítá jako:

$$s_{o.\text{eff}} = s_o \quad \text{pro obdélníkový otvor}$$

$$s_{o.\text{eff}} = s_o + 0,5d_o \quad \text{pro kruhový nebo prodloužený otvor}$$



- s_o je šířka podpěry stojiny
 p_c je vzpěrné napětí odpovídající vzpěrné křivce c v BS5950: část 1, tab. 4.14. Závisí na štíhlosti
 $\lambda = h_{eff}/r,$
 $r,$ je poloměr setrvačnosti ($= t/\sqrt{12}$)
 h_{eff} je účinná délka prvku vzpěry. Pro obdélníkový otvor se rovná jeho výšce. Pro kruhový otvor se bere 0,7 krát výška otvoru.

Tento poruchový stav není kritický, jestliže je splněna následující nerovnost: $V_t \leq P_w$. Pro souměrný otvor $V_t = V_o/2$.

Horizontální smyk v podpěře stojiny:

Program provádí tuto kontrolu jen když dva sousední otvory jsou blíže než $2,5d_{o,max}$, kde $d_{o,max}$ je průměr většího otvoru. Horizontální smyk vyvinutý v každé podpěře stojiny je způsoben změnou osové síly v odpovídajících sousedních tvarech T. Z rovnováhy horní podpěry stojiny se proto vypočítá použitím následujícího vzorce:

$$V_h = V_t(s_o + 0,5d_{o,i} + 0,5 d_{o,i+1})/h_{top}$$

kde V_t je část globálního smyku v části působící na horní část tvaru T

h_{top} je vzdálenost mezi středním bodem šířky podpěry stojiny a účinnou přímkou působení osové síly v horní části tvaru T

$d_{o,i}$ $d_{o,i+1}$ jsou výšky dvou sousedních otvorů.



Nosnost ve smyku podpěry stojiny se dostane podle následující rovnice: $P_h = 0,6p_{y,t}(0,9s_0)$. Činitel 0,9 započítá nerovnoměrný smykový tok. Tento poruchový stav není kritický jestliže je splněna následující nerovnost: $V_h \leq P_h$.

Bude zřejmé, že podle požadavku mohou být poskytnuty nebo vypočítány jakékoli jiné parametry nebo vlastnosti.

V této specifikaci "obsahuje" znamená "zahrnuje" nebo "skládá se z" a "obsahující" znamená "zahrnující" nebo "skládající se z".

Vlastnosti vysvětlené v předchozím popisu nebo v následujících nárocích nebo v doprovodných obrázcích vyjádřené v jejich specifických formách nebo významových termínech k provedení vysvětlené funkce nebo způsobu nebo procesu k dosažení vysvětleného výsledku, mohou být podle vhodnosti odděleně nebo v jakékoli kombinaci takových vlastností použity k realizaci vynálezu v jeho rozmanitých formách.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob návrhu konstrukčního prvku obsahující poskytnutí hodnoty pro množství parametrů konstrukčního prvku a množství zatížení, která mají být jím podpírána, provedení analytického kroku výpočtu množství vlastností řečeného konstrukčního prvku v množství diskrétních míst na řečeném konstrukčním prvku a zobrazení výsledků řečeného analytického kroku.

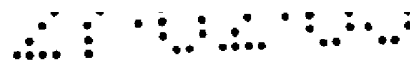
2. Způsob podle nároku 1 vyznačující se tím, že když konstrukční prvek má obsahovat otvor, alespoň jeden řečený parametr může být parametrem řečeného otvoru a alespoň jedna z řečených vlastností může být vlastností řečeného konstrukčního prvku u řečeného otvoru.

3. Způsob podle nároku 1 nebo nároku 2 vyznačující se tím, že obsahuje krok srovnání srovnávající alespoň jednu z řečených vlastností s předem určeným kritériem.

4. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 3 vyznačující se tím, že řečené množství míst obsahuje množství částí řečeného konstrukčního prvku umístěných tak, že jsou podélně uspořádány podél řečeného konstrukčního prvku.

5. Způsob podle nároku 4 obsahující krok zobrazení části vyznačující se tím, že požadovaná jedna z řečených vlastností má hodnotu, která má největší odchylku od předem určeného kritéria.

6. Způsob podle nároku 5 vyznačující se tím, že obsahuje krok změny hodnoty jednoho nebo více z řečeného množství parametrů tak, že řečená odchylka od hodnoty řečené vlastnosti od řečeného předem určeného kritéria se zmenší.



7. Způsob podle kteréhokoli z nároků 4 až 6 vyznačující se tím, že množství vlastností se srovná s odpovídajícím jedním z množství předem určených kritérií.

8. Způsob podle kteréhokoli z nároků 3 až 7 vyznačující se tím, že řečené srovnání každé hodnoty pro vlastnost a odpovídajícího předem určeného kritéria se vyjádří jako jednotný činitel tak, že kde je jednotný činitel větší než 1, nesplňuje hodnota řečené vlastnosti řečené předem určené kritérium.

9. Způsob podle kteréhokoli z předchozích nároků vyznačující se tím, že řečený konstrukční prvek obsahuje stojinu a alespoň jednu pásnici a řečené parametry obsahují tloušťku a výšku stojiny a pásnice.

10. Způsob podle kteréhokoli z předchozích nároků vyznačující se tím, že obsahuje výběr alespoň jednoho z řečených parametrů řečeného konstrukčního prvku a/nebo řečeného zatížení přiloženého na řečený konstrukční prvek z knihovny předem určených hodnot pro řečené parametry a/nebo řečené zatížení.

11. Způsob podle kteréhokoli z předchozích nároků vyznačující se tím, že obsahuje výpočet jednotné hodnoty pro množství vlastností pro každé diskrétní místo a pro každou vlastnost zobrazuje místo s nejméně přijatelnou jednotnou hodnotou.

12. Způsob podle kteréhokoli z předchozích nároků vyznačující se tím, že obsahuje výstupní etapu poskytnutí výstupu obsahujícího parametry konstrukčního prvku.

13. Způsob podle nároku 12 vyznačující se tím, že dále obsahuje krok výroby konstrukčního prvku v souladu s řečeným výstupem.



14. Způsob podle nároku 12 nebo nároku 13 **vyznačující se tím**, že řečený výstup je poskytnut v přenosné nebo přenosu schopné formě.

15. Způsob jak je popsáný zde s odvoláním na doprovodné obrázky.

16. Konstrukční prvek **vyznačující se tím**, že řečený konstrukční prvek je navržen způsobem podle kteréhokoli z nároků 1 až 13.

17. Konstrukční prvek podle nároku 14 **vyznačující se tím**, že konstrukční prvek je částí obsahující kovovou desku.

18. Konstrukční prvek podle nároku 14 nebo nároku 15 **vyznačující se tím**, že konstrukční prvek je opatřen otvory.

19. Konstrukční prvek podle kteréhokoli z nároků 14 až 16 **vyznačující se tím**, že konstrukční prvek obsahuje kombinovaný nosník.

20. Konstrukční prvek jak je popsáný zde s odvoláním na doprovodné obrázky.

21. Počítačový program k provedení způsobu podle kteréhokoli z nároků 1 až 15.

22. Počítač, který je programován počítačovým programem podle nároku 21.

23. Výrobní prostředek k výrobě konstrukčního prvku, obsahující počítač podle nároku 22 a výrobní přístroj **vyznačující se tím**, že výstup je dodán z řečeného počítače do řečeného výrobního přístroje k řízení řečeného výrobního přístroje.

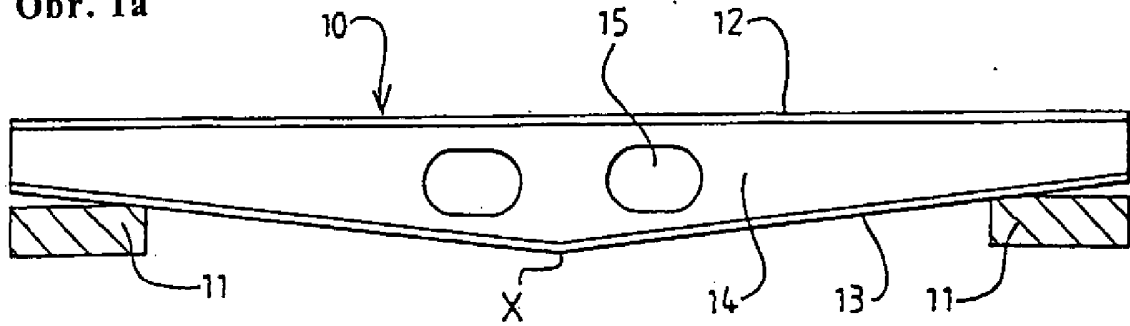


24. Způsob výroby konstrukčního prvku obsahující dodání výstupu z počítačového programu podle nároku 21 do výrobního přístroje k řízení řečeného výrobního přístroje.

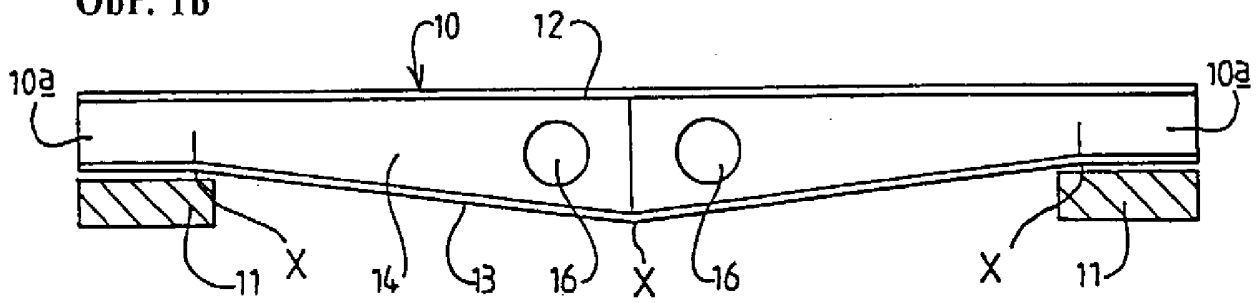
25. Způsob podle nároku 24 **vyznačující se tím**, že krok dodání výstupu z počítačového programu obsahuje krok přípravy datového souboru.

26. Jakákoli nová vlastnost nebo kombinace vlastností vysvětlených zde nebo v doprovodných obrázcích.

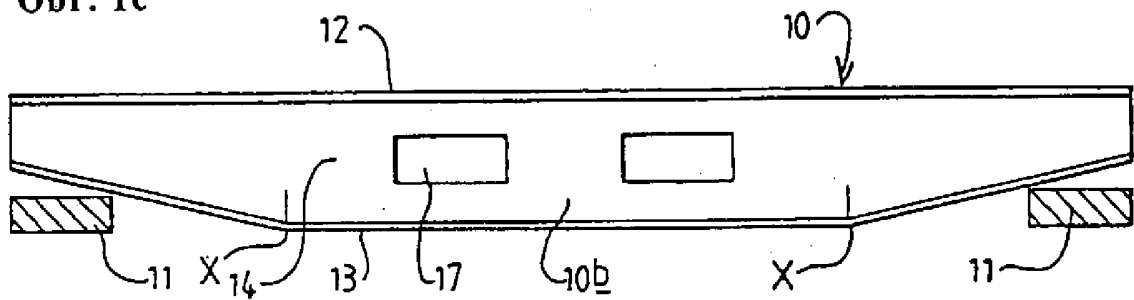
Obr. 1a



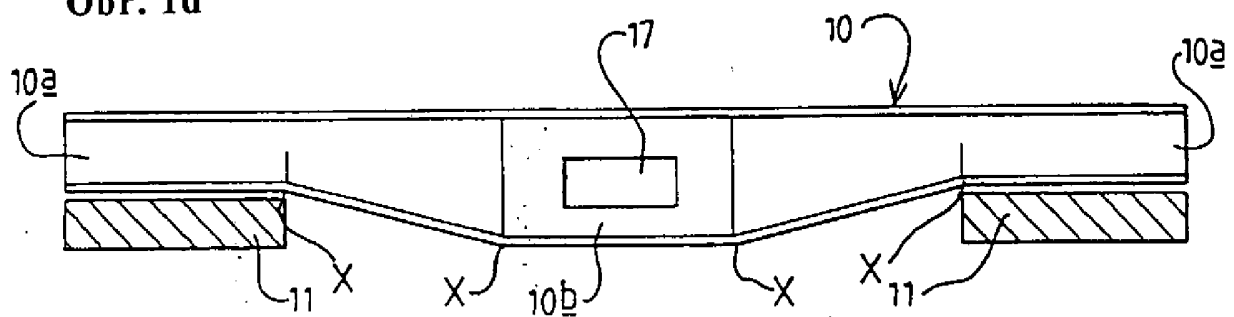
Obr. 1b



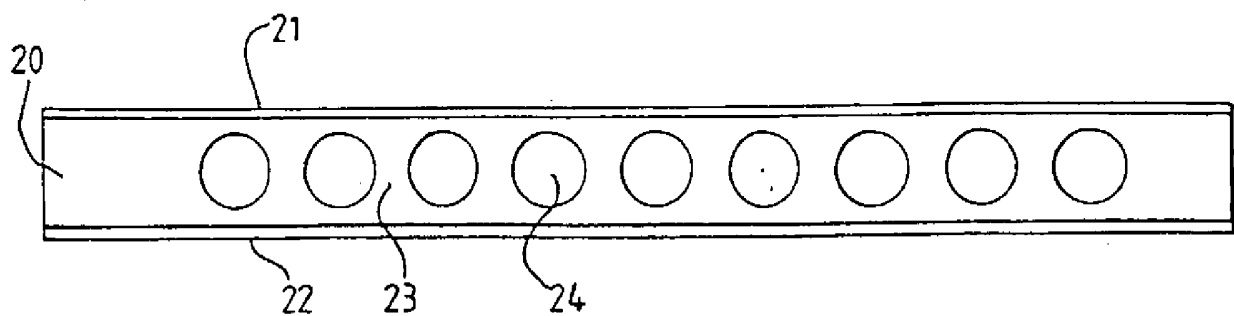
Obr. 1c

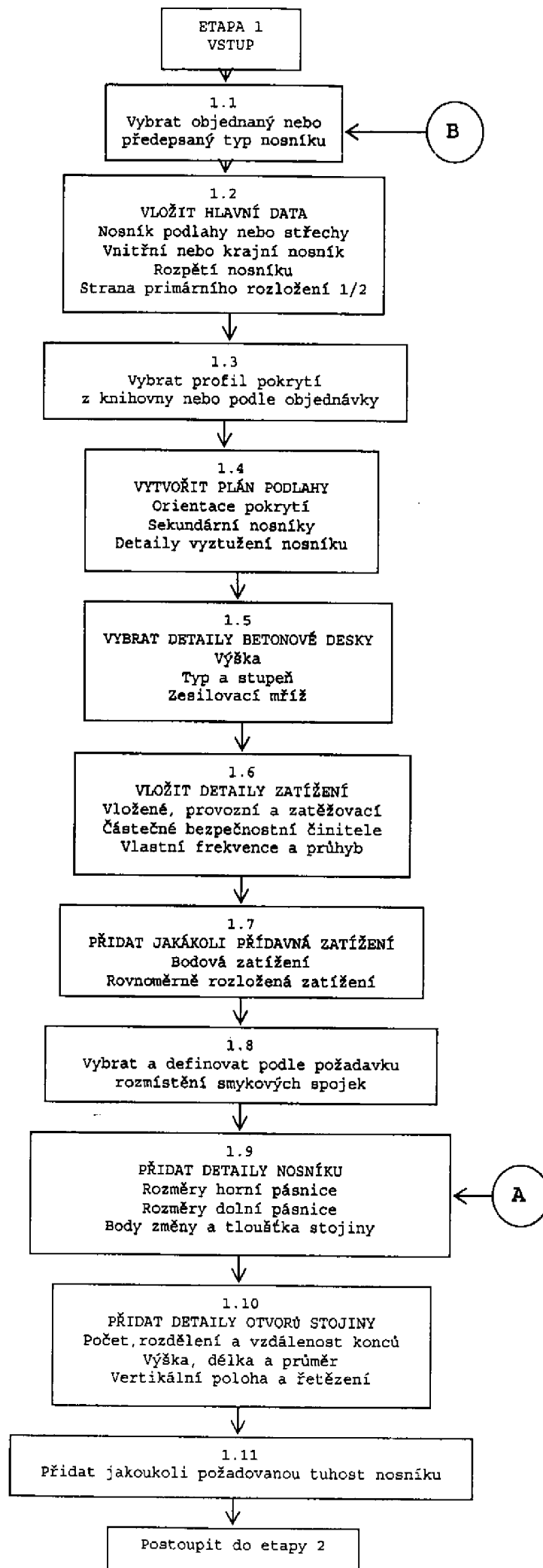


Obr. 1d

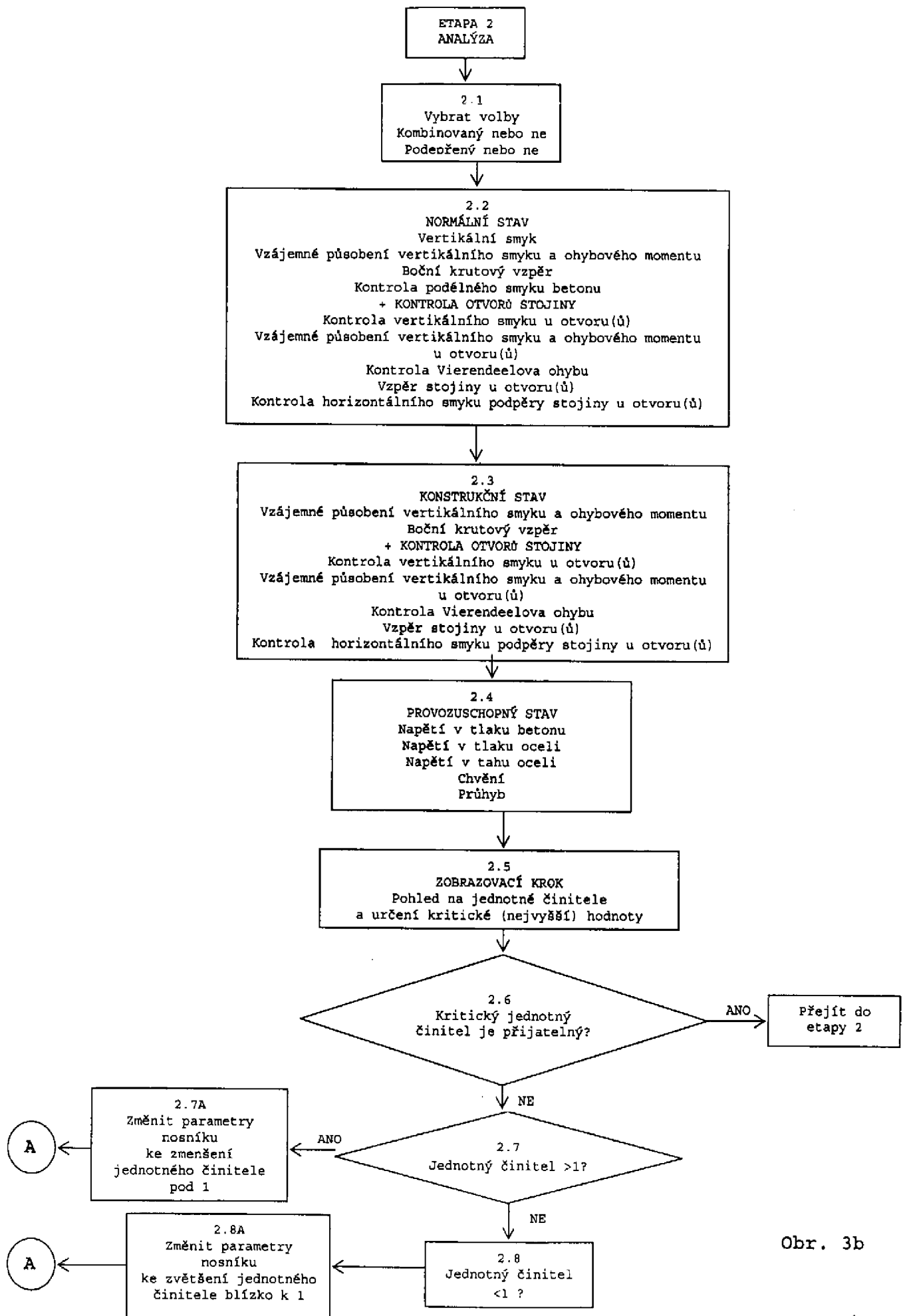


Obr. 2

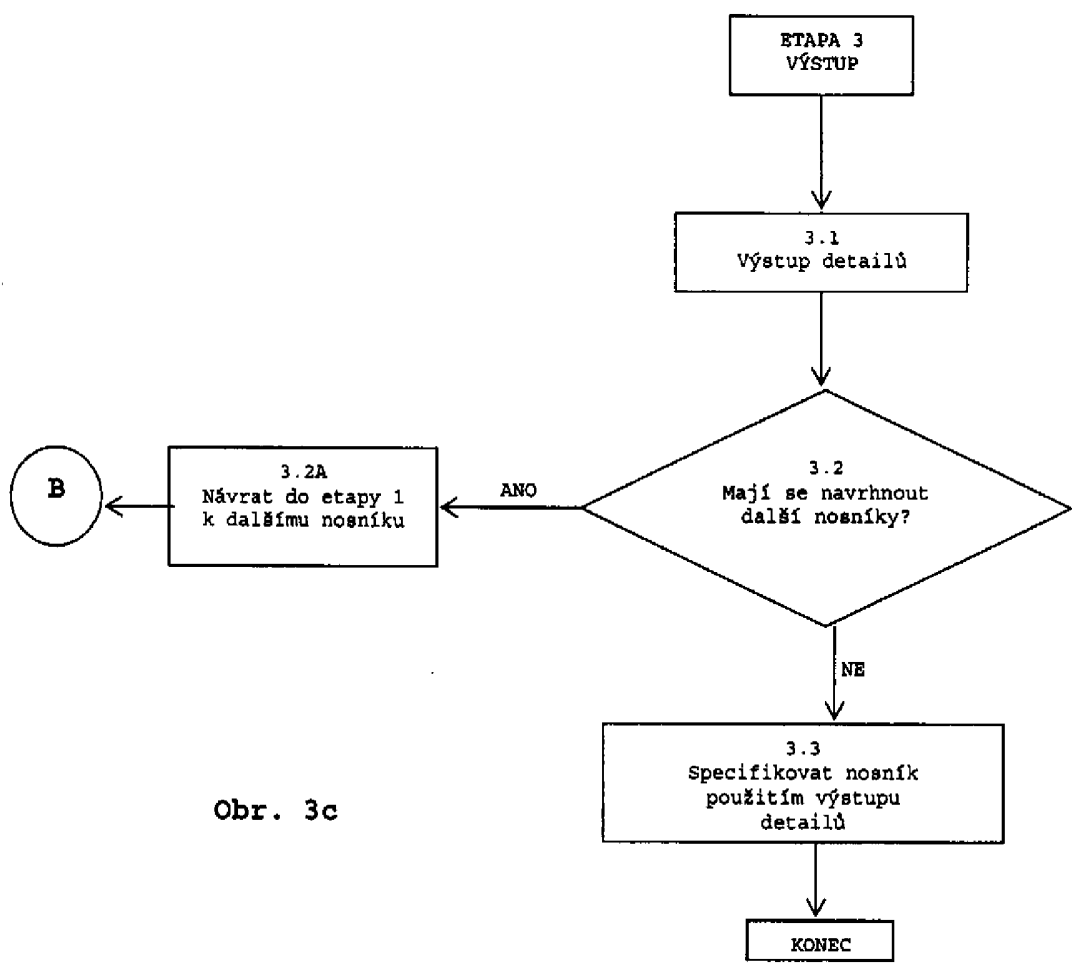
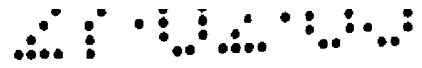




Obr. 3a



Obr. 3b



Obr. 3c