

Svařování je technologický výrobní proces, který má své výrazné zastoupení v průmyslu a mnohdy klíčové postavení ve firmě či podniku v různých etapách životního cyklu produktů od výroby polotovarů, odlitků, výkovků přes výrobu svařenců částí strojů až po opravné svařování provozovaných systémů. Použití procesu svařování a jeho různých metod má rozhodující dopad na náklady firmy.

Svařování je tzv. zvláštní proces dle terminologie normy ČSN EN ISO 9000. To znamená, že výsledky tohoto procesu nejsou snadno nebo vůbec měřitelné (verifikovatelné) na výstupu z procesu. Prakticky to znamená, že kvalita (jakost) nemůže být jednoznačně stanovena kontrolou hotového výrobku. Jakékoliv nedestruktivní kontroly hotového výrobku a tedy i svarového spoje mohou prokázat jen vyhovující kvalitu některých hledisek či kritérií. Bez hlubších kontrol spojených např. s destruktivní analýzou vzorku a provedení destruktivních normalizovaných nebo i experimentálních ověřovacích zkoušek tak nelze doložit definitivně požadované vlastnosti výrobku.

Aby tedy bylo možné zajistit technicky dostupným způsobem jakost svařovaného výrobku, je nutné mít definován celý proces s jednotlivými faktory majícími vliv na jakost v celé etapě tzv. životního cyklu výrobku. K tomu byla vydána řada norem ČSN EN ISO 3834, která tyto faktory definuje a "pomáhá" s tím, aby firmy proces svařování dostaly „pod kontrolu“. Pouhé citování normy bez hlubších znalostí procesního inženýrství však ještě nezajistí potřebný rozsah řízení procesu svařování. O něco lepším pomocníkem je pak norma ČSN EN ISO 9001, která obsahuje komplexnější, ale obecný popis postupů řízení procesů. Norma ČSN EN ISO 3834 klade důraz na druhou polovinu životního cyklu, tj. na etapu výroby. Etapu předcházející, kterou nazýváme etapou projektovou a etapou technické přípravy výroby s konstrukční fází, nechává norma téměř nedotčenou. Jen uvádí, že existuje etapa návrhu a konstrukce, která má být vzata v úvahu a je nezbytné zajistit potřebné kontroly v těchto etapách. Při zorientování se v etapě konstruování a projektování nám může pomoci starší československá literatura z oblasti svařování, která si byla vědoma této rozhodující role etapy navrhování a konstruování v procesu svařování. Z moderní literatury je možné čerpat informace z literatury oblasti procesního a systémového inženýrství. Specifické aspekty projektování a konstruování svařovaných technických systémů, konstrukcí a komponent je však nutné hledat v odborné literatuře pro projektování a navrhování svařovaných ocelových konstrukcí, potrubí a tlakových nádob, která je opět dostupná spíše jen v cizojazyčném vydání.

Kdysi v legislativně ČSSR zavedený systém projektování tyto etapy dobře technicky popisoval: tzv. etapu úvodního projektu, etapou prováděcího projektu a etapou technické přípravy dodavatelů. První dvě etapy definovaly činnost profese projektantů, jejichž výstupem byly technické dokumenty specifické pro tyto etapy - dokumentace úvodního projektu, dokumentace prováděcího projektu. Třetí zmiňovaná etapa technické přípravy dodavatelů byla vyňata z projektové přípravy. Co to znamená? Znamená to, že etapa konstruování a vypracování dalších nezbytných dokumentů pro výrobu (plány kontrol, technologické postupy, návodky, aj.), kdy vzniká technická dokumentace nutná pro výrobu (anebo montáž), není součástí ani úvodního ani prováděcího projektu. Tato hranice dnes není legislativně nastavena a vznikají tak mnohdy dohady a tom, v jaké etapě mají ty či ony typy

dokumentu vznikat anebo dokonce k jaké profesi přísluší. Vznikají tak běžně projektové dokumenty bez potřebných náležitostí výkresů výrobních a jsou používány přímo pro výrobu anebo montáž. Nebo v opačném případě vypracuje konstruktér výrobní výkresovou dokumentaci, která ale není ve shodě s projektovou dokumentací - vedoucí při přejímce nebo konečné zkoušce zpravidla k velkým potížím až k nemožnosti hotové dílo převzít. Hranice mezi projektováním a konstruováním není jednoznačně definována ani v současné cizojazyčné literatuře, nicméně z kontextu textů je ctěn systém dříve zakotvený v naší legislativě a popsán výše. Nasazená moderních softwarových aplikací pro tvorbu výkresové dokumentace rovněž smazává hranice. Pro konstruktéra odpovědného za výrobní dokumentaci není lehčí cesty, než jako vstup použít elektronické soubory projektových výkresů, ze kterých přímo vezme již projektantem vypracované modely a ty dále začne rozkreslovat s ohledem na technologičnost a vyrobiteľnosť s přijatelnými náklady. To však vyžaduje přesné modelování již v etapě projektování.

Před tím, než začne konstruktér vypracovávat konstrukční řešení, probíhá etapa úvodního návrhu a specifikování požadavků projektu. Těmito požadavky a návrhem (projektem) se pak musí konstruktér řídit a jakékoliv odchylky vzniklé při konstrukci musí být zpětně zavedeny do úvodního či tzv. prováděcího projektu - aby nevznikaly tzv. neshody, systémové neshody, procesní neshody. Jinými slovy, konstruktér dostane velice přesně stanoveny okrajové podmínky, jak vypracovat svařovanou konstrukci, jaké volit materiály, jaké volit kontroly v jednotlivých etapách, jaké požadavky klást na vlastní proces svařování atd. včetně seznamu technických norem, které požaduje projekt (projektant) dodržet.

Následné konstruování svařenců podléhá tzv. technicko ekonomickému zhodnocení. Konstruktér zpravidla definuje, zda se použije svařenec nebo jiná technologie – odlitek, výlisek, apod. Svařování má největší zastoupení v kusové výrobě a v souvislosti s rozvojem robotizace a nových vysoce produktivních procesů svařování stále více převládá i v sériové výrobě. Výroba svařence začíná tedy nejen u konstruktéra v konstrukční kanceláři ale již v předchozí etapě u projektanta a je nemyslitelné, aby se této etapě neúčastnil technolog, který zajistí vhodnost a technologičnost návrhu svařované konstrukce.

Životní cyklus svařovaného výrobku (systému, konstrukce, komponenty) se skládá z více etap na sebe navazujících, respektive se prolínajících. V současnosti je velmi často technologičnost svařovaných konstrukcí opomíjena a v konečném důsledku to vede k velkým potížím jak při výrobě tak zejména při následné přejímce hotové konstrukce zákazníkem.

Zvláštní proces svařování vyžaduje kontrolu nad kvalitou v celé délce životního cyklu výrobku, respektive svařovaných SKK v jednotlivých procesech a etapách od návrhu (projektování), konstrukce, technickou přípravu výroby a montáže až po výrobu.

Po etapě návrhu a zpracování konstrukce tedy následuje etapa technické přípravy výroby a/nebo montáže, ve které se zpracuje dokumentace potřebná k zajištění výroby a/nebo montáže. V této etapě se zpracovávají vhodné technologické

postupy výroby a/ nebo montáže, postupy svařování, navrhují a vyrábějí se přípravky, zpracovávají technologické postupy a návody pro dílčí činnosti a technologické operace, apod.

Další fází je vlastní výroba a/nebo montáž s využitím technologie tavného svařování, jejíž nedílnou součástí je provádění dohledu nad výrobou (tzv. svářečský dozor/dohled dle nové terminologie v českých překladech evropských technických norem) a provádění konstruktérem předepsaných kontrol a nedestruktivních kontrol (NDT) kvalifikovanými a zkušenými pracovníky v jednotlivých etapách výrob.

Obecný návod na vytvoření (vymezení) životního cyklu systému, konstrukce, komponenty a potažmo projektu uvádí ISO 15 226, která rozděluje cyklus do fází a fázím přiděluje jednotlivé aktivity. Aktivity se přidělují zpravidla příslušné profesní skupině nebo organizační jednotce, útvaru, oddělení. Na tomto systému nic nemění ani fakt kumulací funkcí a profesí v menších firmách. Norma reflektuje současný trend navrhování a realizaci komplexních a složitých systémů/ projektů a růstu poznatků v technických oborech a růstu objemu zpracovávaných dat, množství a rozsah zpracovávané dokumentace aj. Obsahově se tato norma zásadně neliší od systému dříve v ČSSR zavedeném stavebním zákonem a prováděcími vyhláškami – které byly vypracovány na velice odborném technickém základě.

K jednotlivým fázím přísluší různé druhy dokumentace. Obecně tyto druhy dokumentace ve vztahu k jednotlivým fázím uvádí ISO 11442, která současně popisuje i základní pravidla nakládání s dokumenty. Výše uvedené normy jsou tak s ohledem na současné pojetí legislativy a technických norem vhodným zdrojem informací o etapách projektu, životního cyklu výrobku/ projektu a požadavcích na ně. Znalost těchto systémových aspektů je nezbytná při zajištění jakosti jak ve smyslu ISO 9001 tak ve smyslu např. ISO 3834 pro oblast zajištění jakosti ve svařování.

Prvním krokem k stanovení fází tvorby dokumentace životního cyklu je stanovení jeho fází (etap). Fáze jsou popsány aktivitami, které označují jejich počátek a ukončení. Výsledkem je přehled fází životního cyklu, viz tabulka č. 1 v ČSN ISO 15226.

	Fáze			
	Fáze 1	Fáze 2	...	Fáze n
	Pojmenování fáze	Pojmenování fáze	...	Pojmenování fáze
Podmínky, počátek a ukončení fáze	Podmínky – počátek – ukončení	Podmínky – počátek – ukončení	...	Podmínky – počátek – ukončení
Aktivity	Aktivita 1.1	Aktivita 2.1	...	Aktivita n.1
	Aktivita 1.2	Aktivita 2.2	...	Aktivita n.2

	Aktivita 1.m	Aktivita 2.m	...	Aktivita n.m

POZNÁMKA Proměnné *n* a *m* vyjadřují neomezený počet fází a aktivit (nikoliv pojmenování fází).

Obr.: Obecný životní cyklus rozdělený na fáze dle ISO 15226

Znalost jednotlivých etap procesu svařování a jejich návaznost a souvislosti je tak bezpodmínečnou nutností zvládnutí výroby svařenců a provádění svařovacích prací. Každá z výše uvedených etap vyžaduje aktivní spoluúčast pracovníků technologie svařování respektive tzv. pracovníků koordinace svařování ve smyslu terminologie harmonizovaných evropských norem, prováděnou různými způsoby (postupy) s použitím různých vstupů a výstupů do dané etapy.

Počátek a ukončení fází jsou dány pevnými časovými termíny vycházejícími z dokumentace a ze specifických požadavků na výrobek. Aktivitami jsou procesy, činnosti nebo jejich dílčí části. Obecně je každá aktivita příslušná do určité organizační složky (projekty, konstrukce, výpočty, příprava výroby, apod.). Aktivita jakékoliv organizační jednotky v jakékoliv fázi životního cyklu mohou být zobrazeny do matice aktivit. Níže je uvedena matice aktivit.

Organizační jednotka	Fáze			
	Fáze 1	Fáze 2	...	Fáze <i>n</i>
Organizační jednotka 1	Aktivita 1.1.1 Aktivita 1.1.2 ...	Aktivita 2.1.1 Aktivita 2.1.2	Aktivita <i>n</i> .1.1 Aktivita <i>n</i> .1.2 ...
Organizační jednotka 2	Aktivita 1.2.1 Aktivita 1.2.2 ...	Aktivita 2.2.1 Aktivita 2.2.2	Aktivita <i>n</i> .2.1 Aktivita <i>n</i> .2.2 ...
...
Organizační jednotka <i>i</i>	Aktivita 1. <i>i</i> .1 Aktivita 1. <i>i</i> .2 ...	Aktivita 2. <i>i</i> .1 Aktivita 2. <i>i</i> .2	Aktivita <i>n</i> . <i>i</i> .1 Aktivita <i>n</i> . <i>i</i> .2 ...
POZNÁMKA Proměnné <i>i</i> a <i>n</i> vyjadřují neomezený počet fází a organizačních jednotek.				

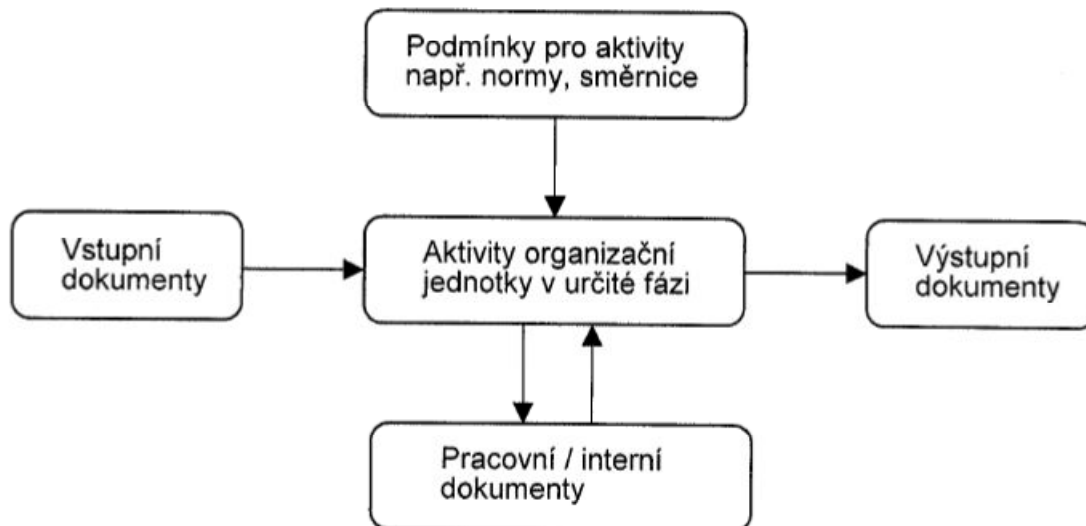
Obr.: Všeobecná matice aktivit dle ISO 15226

Pro stanovení životního cyklu výrobku a sestavení matice aktivit musí být známo přiřazení technických dokumentů k jednotlivým aktivitám, jak uvádí následující tabulka převzatá z ISO 15226.

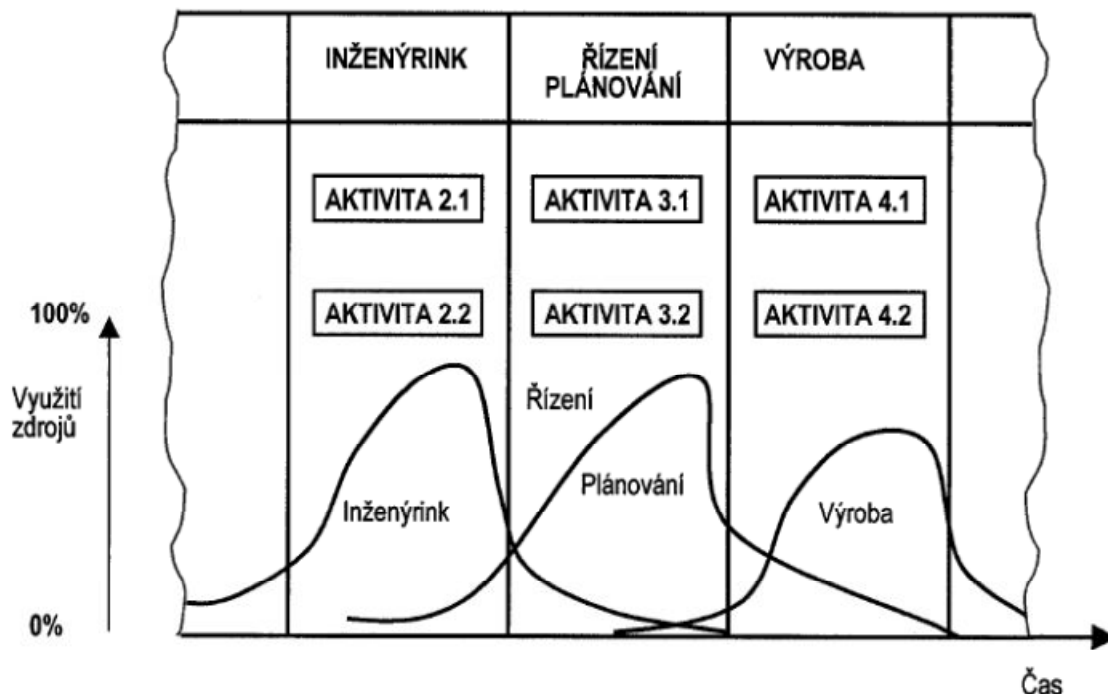
Tabulka B.1 – Ukázka životního cyklu výrobku

	Fáze							
	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3	Fáze 4	Fáze 5	Fáze 6	Fáze 7	Fáze 8
	Ideový návrh výrobku	Specifikování představy	Vývoj	Konstrukce	Prototypová fáze	Výroba (sériová výroba)	Údržba a servis	Likvidace
Aktivity	1.1 Průzkum patentů	2.1 Studie proveditelnosti	3.1 Funkční schémata a výkresy	4.1 Výroba prototypu	5.1 Provozní zkoušky	6.1 Zajištění materiálu	7.1 Servis	8.1 Zajištění recyklace
	1.2 Shromažďování informací	2.2 Sestavení seznamu požadavků	3.2 Kreslení náčrtů	4.2 Příprava podkladů pro výrobu	5.2 Funkční zkoušky	6.2 Výroba součástí	7.2 Sledování výrobku na trhu	8.2 Likvidace nerecyklovatelných součástí
	1.3 Vypracování studií	2.3 Vývoj koncepce výrobku	3.3 Řešení problémů	4.3 Dokončení výkresů	5.3 Optimalizace výrobních dokumentů	6.3 Kontrola a rozbor jakosti	7.3 Management modifikací výrobku	8.3 Zajištění přepravy
	1.4 Průzkum trhu	2.4 Vývoj koncepce funkce	3.4 Výroba funkčních modelů	4.4 Sestavení návodů	5.4 Odsouhlasení výrobních postupů	6.4 Montáž	7.4 Údržba	8.4 Demontáž
	1.5 Analýza tržního potenciálu	2.5 Projekt-plánování	3.5 Specifikování struktury výrobku	4.5 Dodávky (průběh/objednávky)	5.5 Zkoušky prototypu	6.5 Zákaznické zkoušky	7.5 Oprava a výměna	8.5 Potvrzení likvidace
	1.6 Shromáždění požadavků zákazníka	2.6 Vývoj koncepce zajištění kvality	3.6 Zkoušky spolehlivosti	4.6 Vyhodnocení rizik jednotlivých vlastností (např. z hlediska pevnosti)	5.6 Souhlas se zahájením sériové výroby	6.6 Rozbor výsledků zkoušek	7.6 Zásobování náhradními díly	
	1.7 Vytvoření koncepce marketingu	2.7 Návrh způsobu balení	3.7 Plánování průběhu výroby	4.7 Schválení obchodních dokumentů	5.7 Schválení dodavatelů		7.7 Aktualizace údajů o dodávkách	
Podmínky pro ukončení	Ukončení koncepce	Ukončení vývoje	Ukončení konstrukce	Ukončení prototypu	Ukončení výroby	Ukončení dodávek	Ukončení likvidace	

Pro každou aktivitu v organizační jednotce mohou být vydány 4 různé typy dokumentů dle následujícího obrázku převzatého z ISO 15226.



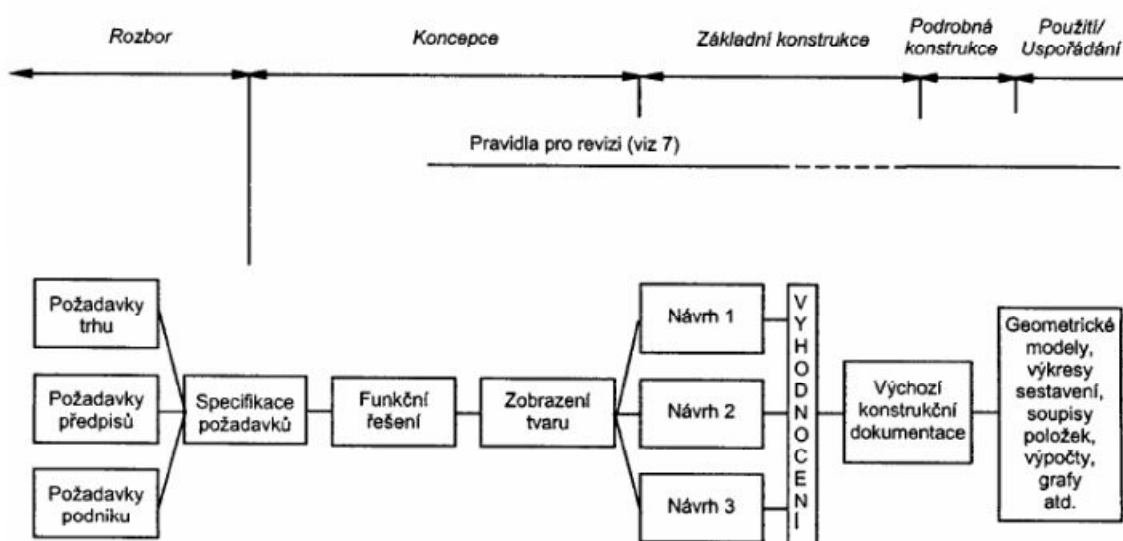
Pro model životního cyklu je možné použít i metodu představovanou tokem dokumentů v konkurentním inženýrství (současném či souběžném řešení aktivit nebo fází), viz obr. 1 v ČSN ISO 15226 uvedený níže.



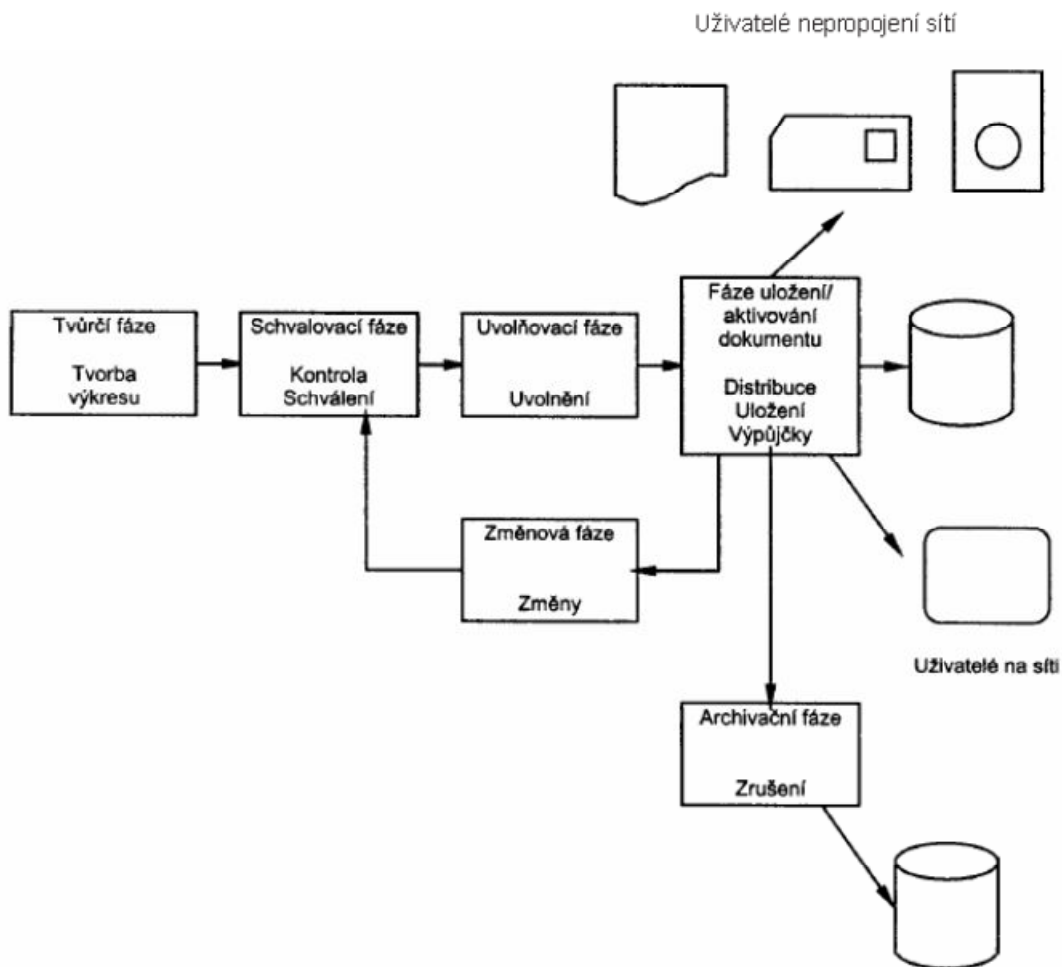
Norma ISO 15226 dále uvádí způsob definování aktivit, které musí být jednoznačně přiřazeny k fázím životního cyklu výrobku. Přiřazení aktivit organizačním jednotkám musí být systematické. Aktivity se popisují v systému řízení

organizace, v organizačních dokumentech a dokumentech řízení jakosti dle zásad ISO 9001 a s ohledem na aktivity vyjmenované v ISO 3834-2.

Fáze, v níž se tvoří aktuální obsah dokumentu, se nazývá „fáze tvorby“. Dokumenty mohou mít různé statusy od statusu „v přípravě“ po status „ve schvalování“ a „schváleno“. Dokumenty z etapy navrhování svařovaných konstrukcí, systémů a komponent je nutné přezkoumat pracovníky kvalifikovanými zpravidla v různých profesích, od specialistů na výpočty, specialistů na materiály, po specialisty na svařovací technologii a kontroly. Přezkoumání a schválení jednotlivými pracovníky musí být řádně zdokumentováno, zpravidla přímo na schvalovaném dokumentu, ale možný je i např. zápis z technického jednání (review meeting).



Obr.: Fáze tvorby dokumentace dle ISO 11442



Obr.: Pracovní fáze tvorby výkresové dokumentace dle ISO 11442

Fáze procesu životního cyklu technického systému jsou v úzké vzájemné závislosti, která činí problém a systém komplexním a je to důvod, proč např. příslušná mezinárodní a národní legislativa vyžaduje procesní přístup managementu při této činnosti. Procesní přístup propojuje jednotlivé vazby a vzájemné vztahy. V první fázi požadavky a do stanovené hloubky i technické požadavky na svařované SKK definuje projektant v prováděcím projektu, na základě požadavků zákazníka (úvodního projektu, technické specifikace kontraktu, technických podmínek, metodik a instrukcí zákazníka, aj.).

V navazující etapě tzv. technické přípravy dodavatelů tyto požadavky a stanovené technické požadavky aplikuje konstruktér ve spolupráci s technologem svařování a dalšími pracovníky ostatních disciplín (výpočtář, materiálový specialista, NDT specialista) při zpracování technologičnosti svařované SKK do výrobní/montážní konstrukční dokumentace.

V mnoha případech patří do celého životního cyklu i další etapy navazující na výrobu či montáž, jako jsou předprovozní kontroly, fyzikální spuštění, management stárnutí svarových spojů a materiálů, provozní kontroly a servis a údržba, které mají

stanovené požadavky a technické požadavky na vlastnosti svarových spojů a jejich kontroly a opravy. Tyto požadavky se stanovují v počátku životního cyklu společně s ostatními požadavky na výrobu a/nebo montáž.

V současné době opět prochází svařovací technika a technologie výrazným a rychlým rozvojem díky pokroku v počítačově řízených technologiích. Tak, jak zrychleně probíhá rozvoj v oblasti elektroniky a počítačů, odráží se tento proces i v rozvoji nových technologií svařování. Tyto počítačem řízené technologie začínají nacházet své výrazné uplatnění jak ve svařovacích zdrojích, tak v moderních technologiích průmyslové robotizace svařování. Nedostatek pracovníků v oblasti svařování vede společně s dostupností robotizace pro malé podniky, k jejich velkému rozšiřování i do malosériové či dokonce kusové výroby se speciálními aplikacemi v menších podnicích a firmách.

Tento současný rozvoj mění dosavadní pohled na technologie, respektive procesy nebo metody svařování. Co bylo napsáno v odborné literatuře před dvaceti a více lety, přestává v některých oblastech platit. Metody svařování rozšířené před dvěma desetiletími se stávají zastaralé, neproduktivní, popřípadě se hodí na užší rozsah aplikací ve velmi specifických případech. Nové metody a postupy svařování přímo vyžadují specifická konstrukční řešení (ať již jsou to typy svarových úkosů, svarových hran) nebo specifické požadavky na kvalitu povrchu apod.

Současný stav v oblasti technologie svařování má svá pozitiva ale i negativa. Stav vede vedle dalších faktorů a okolností, jako je přechod z původních technických norem ČSN nejdříve na technické normy ČSN EN a později na ČSN EN ISO, k tomu, že v současnosti není pro zájemce o danou problematiku technologie svařování dostupná moderní česky psaná literatura. V omezeném rozsahu vznikají speciální texty – skripta – pro studenty speciálních kurzů pro technologie svařování (v současnosti zastaralé anebo nedostupné) nebo přednášky a podklady k jednotlivým předmětům úzce související se svařováním a materiály na českých vysokých školách.

V minulosti běžné příručky pro svářeče dnes v podstatě neexistují. Jednoduché texty vydané pro tzv. základní kurz svařování, jsou opravdu jen základní jednoduché texty, které ze svářeče profesionála nevytvoří. Kdysi běžné učební obory „svářeč“ a technické obory, kde si učni „odnášeli“ do života absolvování několikaměsíčního kursu svařování a příslušná oprávnění ke svařování, jsou také minulostí. Dle současně platných norem pro kvalifikování svářečů nemá autorizovaná osoba nebo zkušební orgán ani právo žádat prokázání odborných znalostí svářečem. Situaci příliš neusnadňují velcí výrobci svařovacích zařízení vybavených moderními technologiemi a spousta funkcí, ke kterým v manuálech lze najít jen strohé základní informace k ovládnutí nikoliv však k aplikaci nových funkcí a možností zejména spojených s „on-line“ řízením svařovacího oblouku ať již je funkce nazývána jakkoliv různými výrobci svařovacích zařízení.

Situace v oblasti vzdělávání a přístupu k informacím v této oblasti svařování tedy není optimální. Při zpracování odborných textů z oblasti svařování je tak nutné vycházet vedle již historické československé, české a slovenské literatury zejména

z cizojazyčné literatury. Příspěvky v této rubrice se pokusí podhalit či zpřístupnit některé informace, které mohou pomoci jak projektantům a konstruktérům tak technologům a svářečům.